

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SESÜSTÜ ALICI-VERİCİ TEMELLİ ARAÇ HIZI
ALGILAYICISININ MODELLENMESİ VE BENZETİMİ**

İBRAHİM EMRE İKİZLER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MATEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HÜLYA ŞAHİNTÜRK**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SESÜSTÜ ALICI-VERİCİ TEMELLİ ARAÇ HIZI ALGILAYICISININ
MODELLENMESİ VE BENZETİMİ

İbrahim Emre İKİZLER tarafından hazırlanan tez çalışması 27.01.2014 tarihinden aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hülya ŞAHİNTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hülya ŞAHİNTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim EMİROĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tüm doğru bilgilerin kaynağı Alim'e (Ş.Y.) ve bildiklerimi uygulayabildiğim takdirde bilmediklerimi bana öğreteceğine dair sözü bulunan Ahmet Mustafa'ya (S.O.) teşekkür ederim. Bir insanın ailesine teşekkür edebileceği şeyler için anneme, babama ve kardeşime teşekkür ederim. Anlayışı ve yardımı için tez danışmanım Sayın Hülya Şahintürk'e teşekkür ederim.

Aralık, 2013

İbrahim Emre İKİZLER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
ALGILAYICI.....	4
2.1 Sesüstü Mikrofon ve Hoparlör ile İlgili Bilgiler.....	4
2.1.1 Temel Bilgiler.....	4
2.1.2 Kullanım Alanları.....	5
2.1.3 Kullanım Yöntemleri.....	6
2.1.3.1 Darbe İşareti ile Kullanımı	6
2.1.3.2 Sürekli Darbe İşareti ile Kullanımı.....	7
2.2 Mantıksal Model.....	11
2.2.1 Temel Bileşenler ve Yerleşimleri.....	11
2.2.2 Çalışma Adımları.....	12
2.2.2.1 Yaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılanması.....	13

2.2.2.2	Yaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılanması.....	14
2.2.2.3	Uzaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılanması.....	15
2.2.2.4	Uzaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılanması.....	16
2.2.2.5	Aracın Hızının Hesaplanması.....	17
2.3	Matematiksel Model.....	17
2.3.1	Ön Kabuller ve Kısıtlar.....	17
2.3.2	Sesüstü Dalga Modeli.....	18
2.3.2.1	Partikül.....	18
2.3.2.2	Hız.....	19
2.3.3	Algılayıcı Modeli.....	20
2.3.3.1	Doğrultu Sayısı ve Hüzme Açısı.....	20
2.3.3.2	Partikül Yayınlama Periyodu ve Yayınlanan Ortalama Partikül Sayısı.....	21
2.3.3.3	Partikül Algılama Periyodu ve Algılanan Ortalama Partikül Sayısı.....	21
2.3.3.4	Alçak Geçiren Süzgeç.....	21
2.3.3.5	Eşik Fonksiyonu ve Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi.....	21
2.3.3.6	Algılama Karar Algoritması.....	23
2.3.4	Hızın Hesaplanması.....	24
2.3.5	Algılama Blok Diyagramı.....	25
2.3.6	Ölçme Çözünürlüğü.....	25
2.3.7	Ölçme Hatası.....	26
2.3.8	En Büyük Ölçme Hatası.....	26
2.4	Elektronik Model.....	27
2.4.1	HB Elektronik Modeli.....	28
2.4.2	SAV Elektronik Modeli.....	29

BÖLÜM 3

BENZETİM.....	31
3.1 Yazılım Sınıfları.....	31
3.1.1 Giriş Dosyası Sınıfı.....	31
3.1.2 Çıkış Dosyası Sınıfı.....	31
3.1.3 Benzetim Sınıfı.....	31
3.1.4 Algılayıcı Sınıfı.....	31
3.1.4.1 Hesaplama Birimi Sınıfı.....	31
3.1.4.2 Sesüstü Alıcı-Verici Sınıfı.....	32
3.1.5 Araç Sınıfı.....	32
3.1.6 Gösterim Sınıfı.....	32
3.1.7 Diğer Sınıflar.....	32
3.2 Çalıştırma.....	33
3.2.1 İklendirme Dosyası.....	33
3.2.2 Araç Dosyası.....	33

3.2.3 Çalışma Adımları.....	33
3.2.4 Sonuç Dosyaları.....	35
3.2.5 Konsol Çıktısı.....	35
3.2.6 Grafikselsel Gösterim.....	35
BÖLÜM 4	
ALGILAYICININ ÇÖZÜMLENMESİ ve BENZETİMİ.....	37
4.1 Algılayıcının Çözümlemesi.....	37
4.1.1 $R_{ölç}$ ile İlgili Çözümleme Sonuçları.....	37
4.1.2 $ e_{Maks} $ ve $V_{Araçölç}$ Arasındaki Bağntı ile İlgili Çözümleme Sonuçları.....	38
4.1.3 $ e_{Maks} $ ve T_{Alg} Arasındaki Bağntı ile İlgili Çözümleme Sonuçları.....	40
4.1.4 $ e_{Maks} $ ve d Arasındaki Bağntı ile İlgili Çözümleme Sonuçları.....	41
4.2 Algılayıcının Benzetimi.....	42
4.2.1 $V_{Araç}$ ile İlgili Benzetim Sonuçları.....	42
4.2.2 İstatistiksel Anlamlılık ile İlgili Benzetim Sonuçları.....	43
4.2.3 T ile İlgili Benzetim Sonuçları.....	44
4.2.4 h ile İlgili Benzetim Sonuçları.....	45
4.3 Karşılaştırma.....	46
4.4 Avantajları ve Dezavantajları.....	47
BÖLÜM 5	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	48
5.1 Sonuçlar.....	48
5.2 Öneriler.....	48
5.2.1 Modelleme/Benzetim ile İlgili Öneriler.....	48
5.2.2 Algılayıcı ile İlgili Öneriler.....	49
5.2.3 Uygulama Ortamı ile İlgili Öneriler.....	50
KAYNAKLAR.....	51
EK-A	
GİRİŞ VE ÇIKIŞ DOSYALARI.....	54
A-1 <i>iklendirme.txt</i> : Örnek Bir İklendirme Dosyası.....	54
A-2 <i>otomobil.txt</i> : Örnek Bir Araç Dosyası.....	55
A-3 <i>sonuc.txt_2</i> : Örnek Bir Sonuç Dosyasının Bir Bölümü.....	56
A-4 <i>sonuc.txt</i> : Örnek Bir Toplu Sonuç Dosyası.....	57
A-5 <i>konsol.txt</i> : Örnek Konsol Çıktısı.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	61

SİMGE LİSTESİ

d	SAV1-SAV2 Arasındaki Uzaklık
e	Ölçme Hatası
e_{Maks}	En Büyük Ölçme Hatası
$f_{Eşik}$	Eşik Fonksiyonu
h	SAV1/SAV2'nin Yerden Yüksekliği
k	Pozitif Tam Sayı
k'	Pozitif Reel Sayı
$k_{Düşük}$	Düşük Eşik Katsayısı
$k_{Yüksek}$	Yüksek Eşik Katsayısı
N_{AGS}	Alçak Geçiren Süzgeç Denklemi Payda Katsayısı
$n_{Doğrultu}$	Doğrultu Sayısı
$p_{Durağan}$	Durağan Durumda Algılanan Ortalama Partikül Sayısı
p_{OrtAlg}	Algılanan Ortalama Partikül Sayısı
$p_{OrtAlg,AGS}$	Alçak Geçiren Süzgeç Çıkışındaki Algılanan Ortalama Partikül Sayısı
p_{OrtYay}	Yayınlanan Ortalama Partikül Sayısı
r	Rastgele Sayı
$R_{Ölç}$	Ölçme Çözünürlüğü
$S_{Düşük}$	Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi İçin Düşük Eşik
S_{OrtAlg}	Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi
$S_{Yüksek}$	Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi İçin Yüksek Eşik
T	Sıcaklık
T_{Alg}	Partikül Algılama Periyodu
$t_{SAV1-SA2}$	Aracın SAV1-SAV2 Tarafından Algılanması İçin Geçen Ortalama Zaman
$t_{SAV1Uzaklaşma}$	Uzaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılandığı Zaman
$t_{SAV1Yaklaşma}$	Yaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılandığı Zaman
$t_{SAV2Uzaklaşma}$	Uzaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılandığı Zaman
$t_{SAV2Yaklaşma}$	Yaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılandığı Zaman
$t_{Uzaklaşma}$	Aracın Uzaklaşma Zamanı
$t_{Yaklaşma}$	Aracın Yaklaşma Zamanı
T_{Yay}	Partikül Yayınlama Periyodu
$V_{Araç}$	Aracın Hızı
$V_{AraçÖlç}$	Aracın Algılayıcı Tarafından Ölçülen Hızı
V_{ses}	Sesüstü Dalganın Hızı
$x_{0Araç}$	Aracın Başlangıç Konumu
x_r	Aracın Konumundaki Rastgelelik
θ	Hüzme Açısı

KISALTMA LİSTESİ

AAD	Analog Arayüz Devresi
AGS	Alçak Geçiren Süzgeç
CPU	Central Processing Unit
DSP	Digital Signal Processor
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
FFT	Fast Fourier Transform
GK	Güç Kaynağı
GSM	Global System for Mobile
HB	Hesaplama Birimi
MCU	Micro Controller Unit
MİB	Merkezi İşlem Birimi
PC	Personal Computer
PD	Proximity Detection
POSIX	Portable Operating System Interface for Unix
RADAR	Radio Frequency Detection And Ranging
RAM	Random Access Memory
RM	Ranging Measurement
SA	Sesüstü Alıcı
SAV	Sesüstü Alıcı-Verici
STL	Standart Template Library
SV	Sesüstü Verici
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Sesüstü mikrofon (sağda) ve hoparlör (solda).....	4
Şekil 2.2 Düşük maliyetli 40KHz bandında çalışan bir sesüstü hoparlöre [24] ait hüzmeye açısı.....	5
Şekil 2.3 Varlık/yokluk denetimi (PD) ve mesafe ölçümü (RM).....	6
Şekil 2.4 Sürekli darbe işareti ile kullanım.....	7
Şekil 2.5 Sürekli darbe işareti kullanımında durağan durum.....	8
Şekil 2.6 Sürekli darbe işareti kullanımında cismin yaklaşması.....	9
Şekil 2.7 Sürekli darbe işareti kullanımında cismin durağan durum oluşturmaları.....	10
Şekil 2.8 Sürekli darbe işareti kullanımında cismin uzaklaşması.....	11
Şekil 2.9 Algılayıcının temel bileşenleri ve yerleşimleri.....	12
Şekil 2.10 Aracın yaklaşma doğrultusu.....	13
Şekil 2.11 Yaklaşan aracın SAV1 tarafından algılandığı zaman.....	14
Şekil 2.12 Yaklaşan aracın SAV2 tarafından algılandığı zaman.....	15
Şekil 2.13 Uzaklaşan aracın SAV1 tarafından algılandığı zaman.....	16
Şekil 2.14 Uzaklaşan aracın SAV2 tarafından algılandığı zaman.....	17
Şekil 2.15 Sinüsoidal işaretin genlik ve periyot bilgileri.....	18
Şekil 2.16 $n_{Doğrultu}=16$ ve $\theta=150$	20
Şekil 2.17 Eşik fonksiyonu.....	23
Şekil 2.18 Algılama karar algoritması.....	24
Şekil 2.19 Algılama blok diyagramı.....	25
Şekil 2.20 Algılayıcının temel elektronik modeli.....	28
Şekil 2.21 HB elektronik modeli.....	29
Şekil 2.22 SAV elektronik modeli.....	30
Şekil 3.1 Yazılımın çalışma adımları.....	34
Şekil 3.2 Grafikselleştirme.....	36
Şekil 4.1 Aracın ölçülen hızı - ölçme çözünürlüğü grafiği.....	38
Şekil 4.2 Aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği.....	39
Şekil 4.3 Farklı TAlg'lar için, aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği.....	41
Şekil 4.4 Farklı d'ler için, aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği.....	42
Şekil 4.5 Rastgele r sayısı - ölçme hatası grafiği.....	44
Şekil 4.6 Ortam sıcaklığı - ölçme hatası grafiği.....	45
Şekil 4.7 SAV1/SAV2'nin yerden yüksekliği - ölçme hatası grafiği.....	46

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Nemin sesüstü dalga hızında neden olduğu yüzdelik artış.....	19
Çizelge 4.1 Araç hızı ve hesaplanan veriler.....	40
Çizelge 4.2 Araç hızı, ölçme hatası ve hesaplanan veriler.....	43
Çizelge 4.3 Hız algılayıcıların karşılaştırılması.....	47

ÖZET

SESÜSTÜ ALICI-VERİCİ TEMELLİ ARAÇ HIZI ALGILAYICISININ MODELLENMESİ VE BENZETİMİ

İbrahim Emre İKİZLER

Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hülya ŞAHİNTÜRK

Trafikteki araçların hızını ölçebilecek sesüstü alıcı-verici temelli bir algılayıcının mantıksal, matematiksel ve elektronik modelleri tasarlanmıştır. Tasarlanan matematiksel modelin bilgisayar ortamında benzetimi gerçekleştirilmiştir. Matematiksel çözümleme sonucu olarak; hızı 25Km/Saat ile 125Km/Saat aralığında farklı değerler alan sabit hızlı otomobil, algılayıcı modeli tarafından azami %~1.4 hata ile algılanabilir. Bilgisayar benzetimi sonucu olarak; algılayıcı modeli 80Km/Saat sabit hızla ilerleyen otomobilin hızını %0.44 hata ile ölçebilir. Algılayıcı parametrelerinin ölçme hatasına etkisini inceleyen matematiksel çözümlemeler yapılmış ve bilgisayar benzetimleri koşturulmuştur. Algılayıcının büyük ölçekli bir trafik kontrol sistemi ile uyumlu çalışabilmesi için gerekli olan muhtemel ek sistemler önerilmiştir. Algılayıcının çeşitli türlerdeki hız algılayıcıları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: sesüstü, hız algılayıcı, modelleme, benzetim.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ABSTRACT

MODELLING AND SIMULATION OF ULTRASONIC TRANSCIEVER BASED VEHICLE SPEED SENSOR

İbrahim Emre İKİZLER

Department of Mathematical Engineering
Msc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Hülya ŞAHİNTÜRK

Logical, mathematical and electronical models of an ultrasonic transceiver based speed sensor that can measure speeds of vehicles in traffic are designed. Sensor's mathematical model is simulated with computer software. As a result of mathematical analysis; a constant speed vehicle, which can have different speeds between 25Km/H and 125Km/H, can be sensed by sensor model with a maximum error of %~1.4. As a result of computer simulaton; sensor model can measure speed of a vehicle with constant 80Km/H speed with an error of %0.44. Mathematical analysis and computer simulations which examines the effect of sensor parameters onto error rate are executed. Probable additional systems are introduced to accomplish compatibility of the sensor with a large scale traffic control system. Different type of speed sensors are compared.

Keywords: ultrasonic, speed sensor, modelling, simulation.

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF NATURAL
AND APPLIED SCIENCES

1.1 Literatür Özeti

Sesüstü alıcı-vericiler günümüzde otomasyondan [20] denizaltı araştırmalarına [1] kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Günümüzdeki kullanım çeşitlerini sesüstü vericinin uyarıldığı işaretin tipine göre *darbe işareti* ve *sürekli darbe işareti* kullanımı olarak sınıflandırmak mümkündür.

Darbe işareti kullanımında sesüstü verici belli sayıda darbe işareti ile uyarılır. Bu uyarım ile yayınlanan sesüstü dalgalar bir engelden yansıyarak sesüstü alıcıya geri ulaşır. Dalganın vericiden yayınlanması ile alıcıya ulaşması arasında geçen zaman ve dalga hızı kullanılarak engel ve alıcı arasındaki mesafe hesaplanabilir [22]. 40KHz bandında çalışan sesüstü alıcı-vericilerin darbe işareti kullanımına yönelik kaynaklar literatürde yaygın olarak bulunmaktadır [21], [23], [6], [3], [25].

Sürekli darbe işareti kullanımında sesüstü verici sürekli olarak darbe işareti ile uyarılır. Böylece vericiden sürekli olarak sesüstü dalga yayınlanır. Yayınlanan dalgalar bir engelden yansıyarak sesüstü alıcıya ulaşır. Sürekli darbe işareti kullanımında genellikle 40KHz'den daha yüksek frekanslı sesüstü dalgalar kullanılmakta ve bu kullanım tıbbi bir görüntüleme yöntemi olan tomografide uygulanmaktadır [7]. Ayrıca sesüstü alıcı-vericilerin sürekli darbe işareti kullanımı ve Doppler etkisinden faydalanarak hız ölçümü amacıyla kullanıldığı da bilinmektedir [16]. Darbe işareti kullanımını içeren uygulamalar kadar yaygın olmasa da, Doppler etkisini kullanmadan sürekli darbe işareti kullanımını içeren uygulamalara [18] literatürde raslamak mümkündür.

Bu çalışmada 40KHz bandında çalışan sesüstü alıcı-vericiler ile ilgili olarak; -yaygın olan darbe işareti ile kullanımının aksine- sürekli darbe işareti kullanımı ve Doppler etkisinden

faýdalanmadan yapılabilen hız ölçümlerine ait çözümlemeler ve benzetimler sunulmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, trafikteki araçların hızını ölçebilecek sesüstü alıcı-verici temelli hız algılayıcısının temel bileşenlerinin tasarımı, modellenmesi ve bilgisayar benzetimi gerçekleştirilmiştir. Sayısal modeller ve bilgisayar benzetimleri; test edilmek istenen sistemi, platformu, ortamı ve bunlar arasındaki etkileşimi temsil etmek amacıyla kullanılmaktadır [13]. Dolayısıyla, algılayıcının fiziksel olarak gerçekleşmesinden önce bilgisayar modeli ve benzetimi gerçekleştirilmiştir. Böylece algılayıcıya ait ölçme hataları, ölçme aralığı, algılayıcının uygulanabilirliği vb. hakkında bilgi edinilmiştir.

1.3 Hipotez

Sayısal model; hız ölçümü yapacak olan algılayıcı modeli, hız ölçümü yapılacak olan aracın modeli ve sesüstü dalgaya ait yapısal ve yayılma modellerinden oluşmaktadır. Algılayıcı modeli, algılayıcıya ait Sesüstü Alıcı-Verici (SAV) ve Hesaplama Birimi (HB) alt bileşenlerine ait sayısal modelleri içerir. Araç modeli ise aracın geometrik özelliklerini içerir. Sesüstü dalga modeli, sesüstü dalgaya ait hız, yayılma ve yansıma kurallarını içerir. Tüm bu sayısal modeller ve kurallar, bir benzetim yazılımı çatısı altında birbirleriyle etkileşimleri incelenmek üzere çalıştırılır. Algılayıcının sayısal modelinin ilgili değişkenleri kaydedilerek hız ölçümüne ait bilgiler toplanmış olur.

Tezin ikinci bölümde algılayıcının mantıksal, matematiksel ve elektronik modelleri açıklanacaktır. Öncelikle sesüstü hoparlör ve mikrofonlar ile ilgili kısa bir bilgilendirme yapılacaktır. Sonrasında algılayıcının temel bileşenleri, mantıksal modeli ve çalışma adımları açıklanacaktır. Hemen ardından algılayıcının matematiksel modeli ve kullandığı matematiksel denklemler verilecektir. Son olarak algılayıcıya ait temel elektronik model açıklanacaktır.

Tezin üçüncü bölümde benzetim hakkında bilgi verilecektir. Öncelikle benzetim yazılımının temel bileşenleri açıklanacaktır. Sonrasında geliştirilen benzetim yazılımının çalışma adımları ve giriş/çıkış yaptığı dosyalar açıklanacaktır.

Tezin dördüncü bölümde algılayıcının matematiksel çözümlemeleri ve bilgisayar benzetimleri hakkında bilgi verilecektir. Algılayıcının matematiksel çözümleme ve sayısal benzetim sonuçları verilecektir. Sonrasında benzetim ve algılayıcı ile ilgili önerilere ve algılayıcının

diğer hız algılayıcıları ile karşılaştırılmasına yer verilecektir. Son olarak da algılayıcı modelinin diğer algılayıcılara göre avantajları ve dezavantajları sunulacaktır.

Tezin beşinci bölümde tez kapsamında varılan sonuçlara ve iyileştirme önerilerine yer verilecektir.

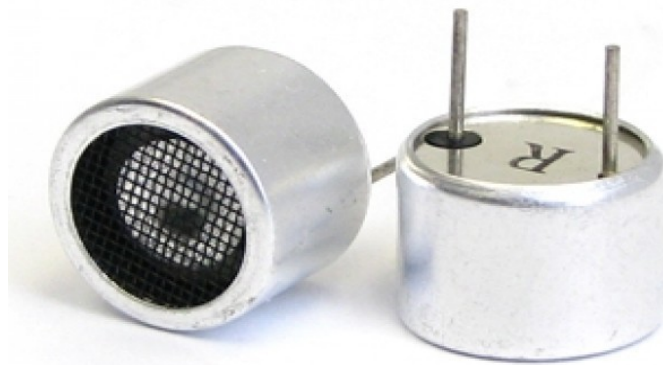
BÖLÜM 2

ALGILAYICI

2.1 Sesüstü Mikrofon ve Hoparlör ile İlgili Bilgiler

Sesüstü mikrofonlar ve hoparlörler piezo-elektrik malzemelerden yapılır [32]. Sesüstü hoparlör, elektrik enerjisini sesüstü dalga enerjisine çevirir. Sesüstü mikrofon ise, sesüstü dalga enerjisini elektrik enerjisine çevirir.

Çok çeşitli özelliklerde sesüstü mikrofon ve hoparlör bulunmaktadır. Bu tez ile ilgili olan tip ise düşük maliyetli ve 40KHz bandında çalışanlar [27] olarak tanımlanabilir. Bu tip sesüstü mikrofonlar ve hoparlörler, fiziksel ve teknik açıdan birbirine benzemektedir. Genellikle adındaki veya modelindeki harf ile ayırt edilirler; 'R' harfi olanlar sesüstü mikrofon, 'T' harfi olanlar ise sesüstü hoparlör olarak kullanılır. Şekil 2.1'de düşük maliyetli ve 40KHz bandında çalışan sesüstü mikrofon (sağda) ve hoparlör (solda) görülmektedir.



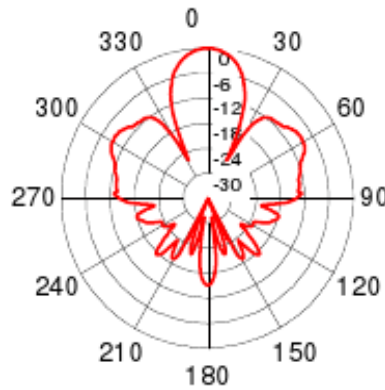
Şekil 2.1 Sesüstü mikrofon (sağda) ve hoparlör (solda)

2.1.1 Temel Bilgiler

Ortalama bir düşük maliyetli ve 40KHz bandında çalışan sesüstü mikrofon ve hoparlöre [24] ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

- Çalışma frekansı (center frequency): 40KHz +/- 1KHz
- Bant genişliği (band width): 1,5KHz
- Hüzme açısı (beam angle): $\sim 30^\circ$ (-6dB için)
- Çalışma gerilimi (operating voltage): $\sim 12V$
- Çalışma sıcaklığı (operating temprature): $-30^\circ C$ ile $80^\circ C$
- Yayınlanan sesüstü dalganın gücü (transmitting sound pressure level): $\sim 115dB$
- Algılanabilen sesüstü dalganın gücü (receiving sensitivity): $\sim 70dB$

Hüzme açısı (beam angle), sesüstü hoparlörün yayınladığı dalgaların ne açıyla yayıldığını belirtir. Hüzme açısı 5° ile 30° arasında değişen sesüstü hoparlörler bulmak mümkündür. Yukarıda özellikleri verilen sesüstü hoparlöre ait $\sim 30^\circ$ 'lık (-6dB için) hüzme açısı Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2 Düşük maliyetli 40KHz bandında çalışan bir sesüstü hoparlöre [24] ait hüzme açısı

Literatürde sesüstü mikrofonların ve hoparlörlerin teknik özelliklerini içeren [27] ve inceleyen [9] yayınlar bulmak mümkündür.

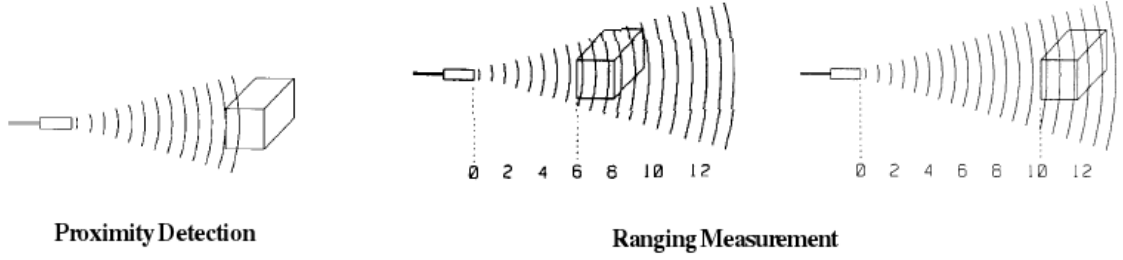
2.1.2 Kullanım Alanları

Sesüstü mikrofonlar ve hoparlörler –dolayısıyla sesüstü dalgalar– birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Sesüstü mikrofon ve hoparlörler;

- Otomasyonda mesafe ölçümünde (Ranging Measurement - RM), varlık/yokluk denetiminde (Proximity Detection - PD) ve akışkan seviyesi ölçümünde [20]
- Malzemelerin tahribatsız muayenesinde [33]
- Gıdalar ile ilgili işlemlerde [12]

- Tıp alanında görüntüleme işlemlerinde [10]
- Jeolojik araştırmalarda [2]
- Denizaltı görüntülemelerinde [1] kullanılmaktadır.

Şekil 2.3'te sesüstü mikrofön ve hoparlörün PD ve RM amacıyla kullanımı görölmektedir.



Şekil 2.3 Varlık/yokluk denetimi (PD) ve mesafe ölçümü (RM)

2.1.3 Kullanım Yöntemleri

2.1.3.1 Darbe İşareti ile Kullanımı

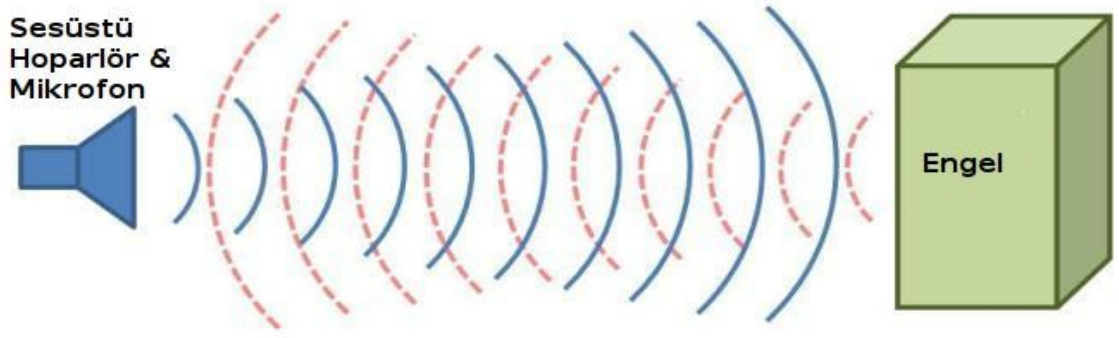
Bu yöntemde sesüstü hoparlör belirli sayıda darbe işareti ile uyarılır. Bu uyarım sonucunda sesüstü hoparlörden yayınlanan sesüstü dalgaların bir engelden yansıyarak sesüstü mikrofona ulaşması arasında geçen süre ölçülür. Bu ölçülen süre ve sesüstü dalğanın hızı kullanılarak sesüstü mikrofön ile engel arasındaki mesafe belirlenebilir.

Bu kullanım yöntemi ile ilgili ayrıntılar bu tezin konusu dışındadır. Literatürde bu yönteme ait ayrıntıları içeren pek çok kaynak bulmak mümkündür [22], [25]. Ayrıca bu yöntemi kullanan bazı sesüstü alıcı-verici örnekleri aşağıda verilmiştir:

- Elektronik malzeme üreticisi bir firmaya ait uygulama tasarımı [22]
- Bir elektronik dergisinde yayınlanan tasarım [21]
- Ticari bir firmaya ait ürün [23]
- Bir dergide yayınlanan hobi amaçlı tasarım [6]
- Ticari bir firmaya ait ürün [3]
- Elektronik malzeme üreticisi bir firmaya ait uygulama tasarımı [25]
- Ticari bir firmaya ait ürün [17]

2.1.3.2 Sürekli Darbe İşareti ile Kullanımı

Bu yöntemde sesüstü hoparlör sürekli olarak darbe işareti ile uyarılır. Bu uyarım sonucunda sesüstü hoparlörden sürekli olarak sesüstü dalga yayınlanır. Bir engelden yansıyan sesüstü dalgalar sesüstü mikrofona ulaşır. Bu kullanım yöntemine ait sembolik gösterim Şekil 2.4'te görülmektedir.

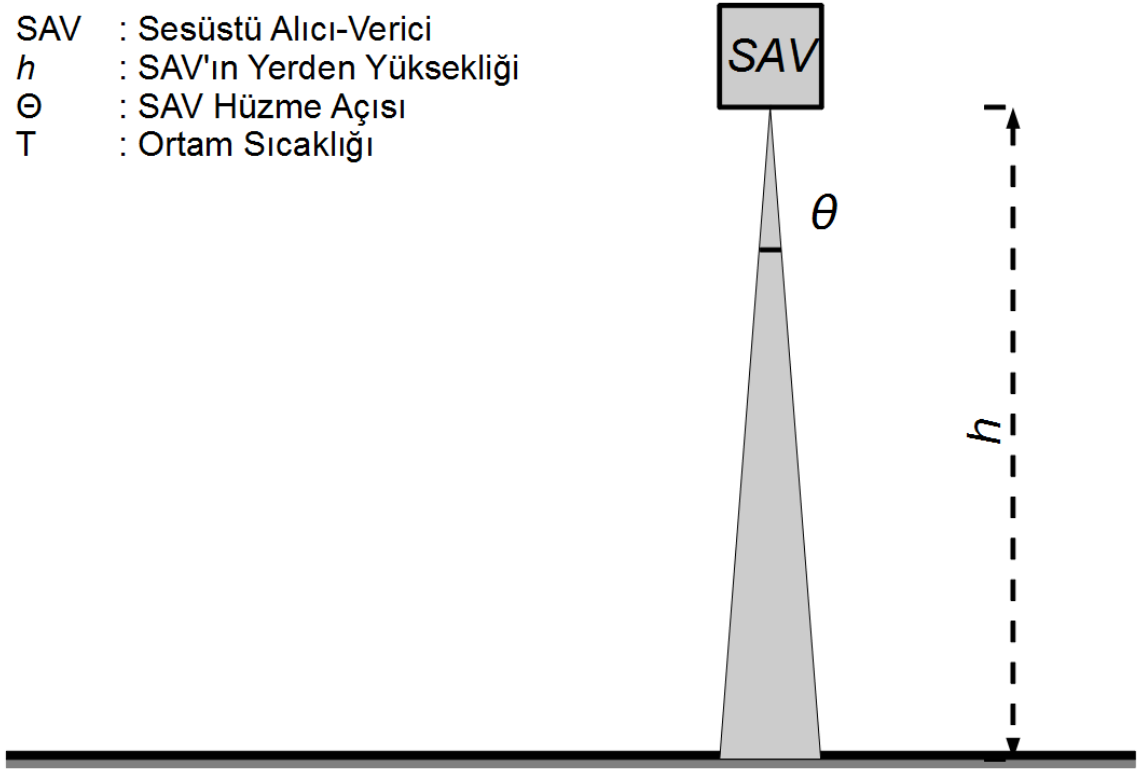


Şekil 2.4 Sürekli darbe işareti ile kullanım

Sesüstü hoparlörün sürekli dalga işareti ile uyarılmasını içeren kaynaklar –darbeli kullanımı içeren kaynaklar kadar çok olmasa da– literatürde mevcuttur [7], [11], [31], [18].

Durağan durumda sesüstü mikrofona ile engel arasındaki mesafe sabittir. Dolayısıyla sesüstü mikrofona algılanan sesüstü dalga seviyesi sabit değerdedir. Bu durum Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

SAV : Sesüstü Alıcı-Verici
 h : SAV'ın Yerden Yüksekliği
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı

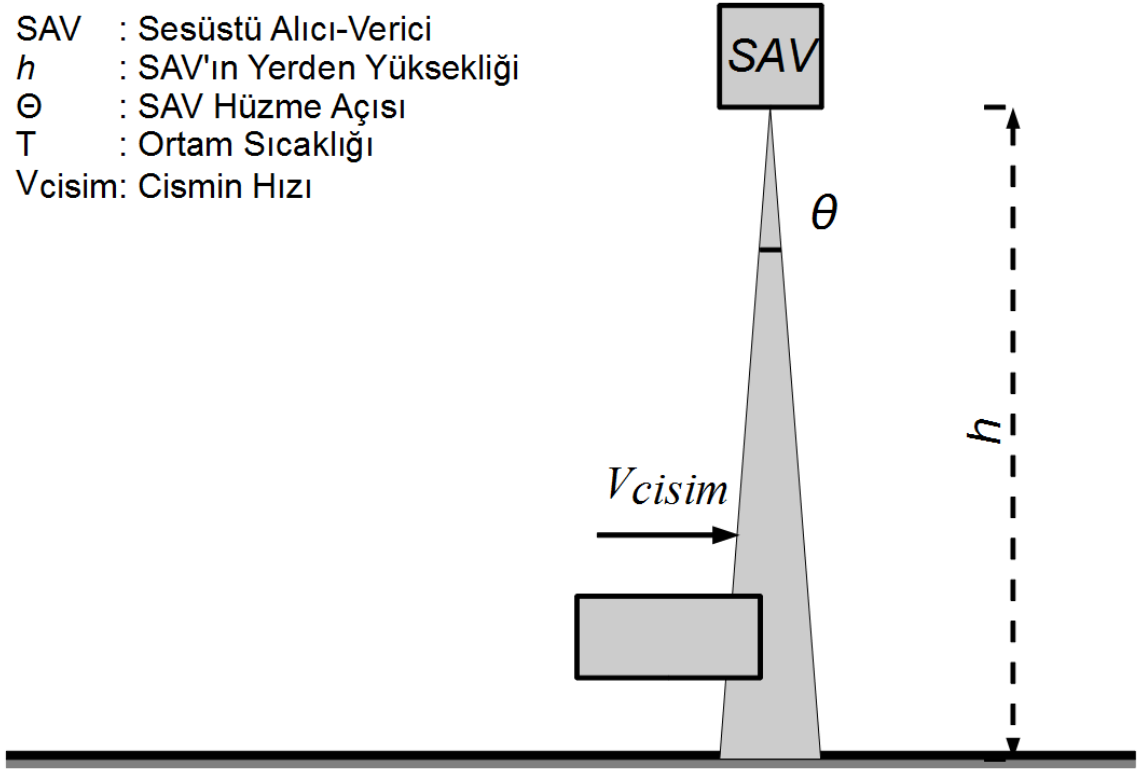


Şekil 2.5 Sürekli darbe işareti ile kullanımda durağan durum

Sesüstü hoparlör ile engel arasında mesafe açısından oluşacak bir süreksizlik, yayılan sesüstü dalgaların yayılma ve yansıma güzergahlarının –dolayısıyla sesüstü mikrofona ulaşma zamanının– ve sesüstü mikrofonda algılanan sesüstü dalga seviyesinin değişmesine sebep olur. Mesafedeki bu süreksizlik, sesüstü hoparlör ile engel arasına belirli bir hızdaki başka bir engelin girmesi olabilir. Mikrofondan algılanan sesüstü dalga seviyesi sürekli olarak gözlenerek oluşan değişiklikler belirlenir. Böylece mikrofona ile engel arasında bir süreksizlik meydana gelip gelmediği belirlenmiş olur.

Belirli hızdaki cismin sesüstü hoparlöre yaklaşması sonucu, kısa bir süreliğine sesüstü hoparlör ile engel arasındaki mesafede bir süreksizlik oluşur. Bu durum Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Bu durumda sesüstü mikrofonda algılanan sesüstü dalga seviyesinde bir artma oluşur.

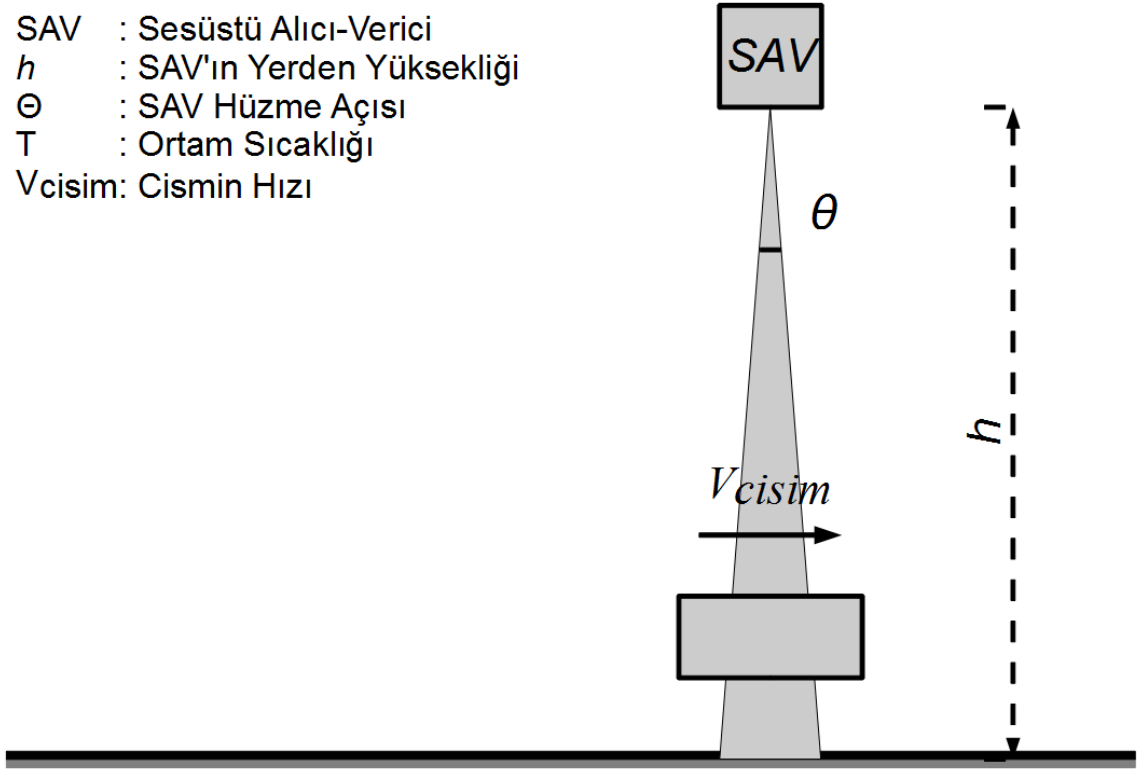
SAV : Sesüstü Alıcı-Verici
 h : SAV'ın Yerden Yüksekliği
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 V_{cisim} : Cismin Hızı



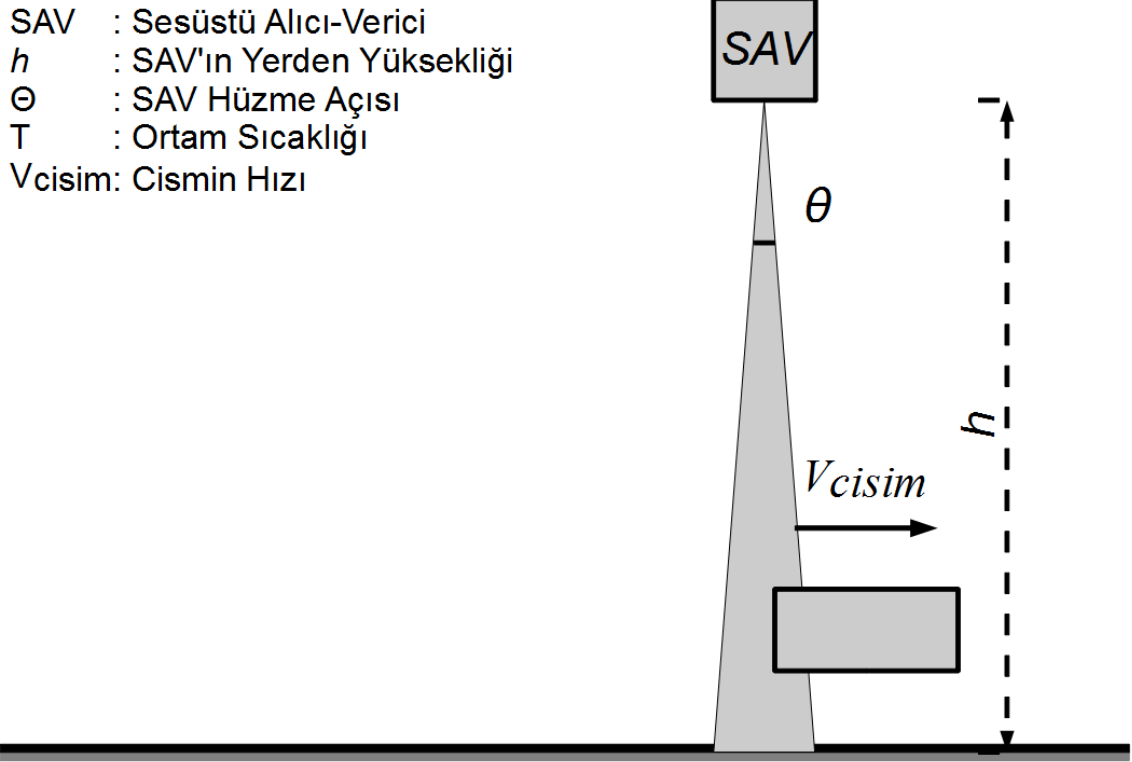
Şekil 2.6 Sürekli darbe işareti ile kullanımda cismin yaklaşması

Belirli hızdaki cismin ilerlemeye devam etmesi sonucu, kısa bir süreliğine sesüstü hoparlör ile engel arasındaki mesafede herhangi bir süreksizlik oluşmaz. Bu durum Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Bu durumda sesüstü mikrofonda algılanan sesüstü dalga seviyesinde bir artma ya da azalma olmaz.

SAV : Sesüstü Alıcı-Verici
 h : SAV'ın Yerden Yüksekliği
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 V_{cisim} : Cismin Hızı



Şekil 2.7 Sürekli darbe işareti ile kullanımda cismin durağan durum oluşturması
Belirli hızdaki cismin sesüstü hoparlörden uzaklaşması sonucu, kısa bir süreliğine sesüstü hoparlör ile engel arasındaki mesafede bir süreksizlik oluşur. Bu durum Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Bu durumda sesüstü mikrofonda algılanan sesüstü dalga seviyesinde bir azalma oluşur.



Şekil 2.8 Sürekli darbe işareti ile kullanımda cismin uzaklaşması

2.2 Mantıksal Model

Algılayıcının hız ölçme yöntemi; sabit bir mesafenin katedildiği zamanın ölçülmesi sonucunda hızın hesaplanması üzerine kuruludur.

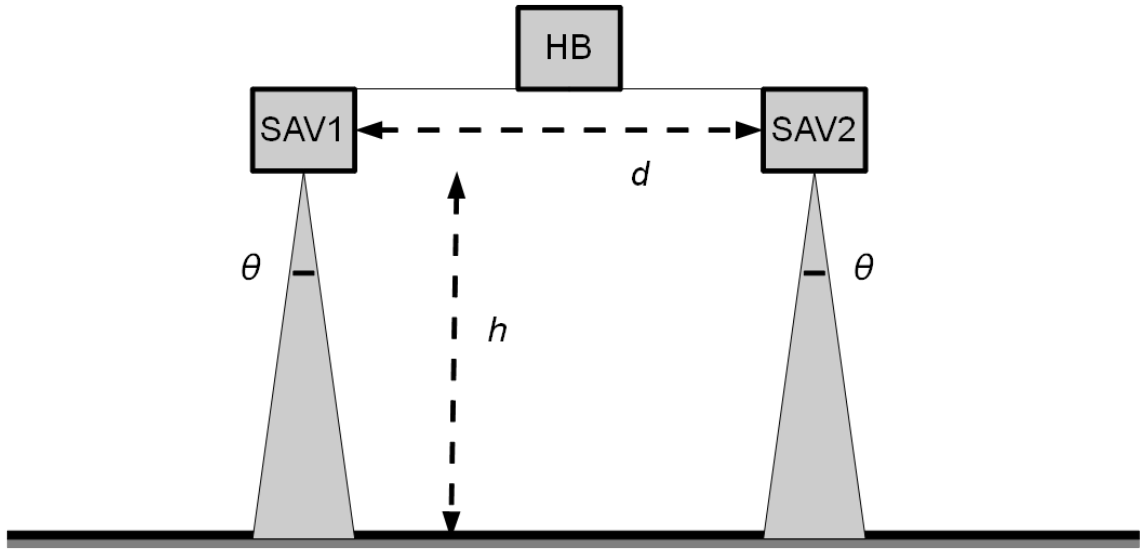
2.2.1 Temel Bileşenler ve Yerleşimleri

Algılayıcı, yerden belirli bir yüksekliğe (h) yerleştirilmiş ve aralarında belirli bir mesafe (d) bulunan 2 tane Sesüstü Alıcı-Verici (SAV) içerir. SAV'larda bulunan sesüstü hoparlörlerin hüzme açılarının θ olduğu kabul edilmiştir. Her SAV'da, 40KHz bandında sesüstü dalga yayınlayabilecek bir sesüstü verici (hoparlör) ve yine 40KHz bandındaki sesüstü dalgaları algılayabilecek bir sesüstü alıcı (mikrofon) bulunur. Hız ölçümü; sabit bir mesafenin katedildiği zamanın ölçülmesine yöntemiyle gerçekleştirileceği için, 2 tane SAV aralarında d mesafesi olacak şekilde konumlandırılmıştır.

Algılayıcı, gerekli zaman ölçümünü ve hesaplamaları gerçekleştirebilmek için bir Hesaplama Birimi (HB) içerir. Ayrıca HB ile SAV'ların kontrolü, SAV'lardan algılanan işaretlerin çözülmesi vb. işlevler sağlanır. HB'nin SAV'lara bir iletişim/kontrol hattı ile bağlı olduğu

kabul edilmiştir. Sesüstü dalga hızı ile ilgili hesaplamalarda ortam sıcaklığı hesaplara katılmış ve T olarak gösterilmiştir. Algılayıcının temel bileşenleri ve bu bileşenlerin yerleşimi Şekil 2.9'da görülmektedir.

- HB : Hesaplama Birimi
- SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
- SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
- h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
- d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
- Θ : SAV Hüzme Açısı
- T : Ortam Sıcaklığı

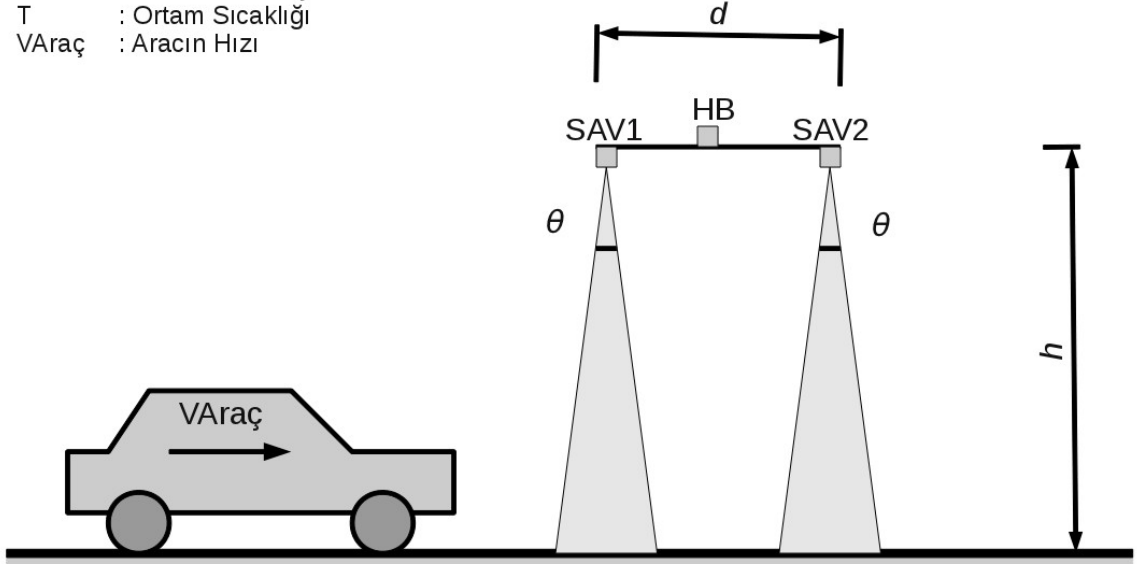


Şekil 2.9 Algılayıcının temel bileşenleri ve yerleşimleri

2.2.2 Çalışma Adımları

Algılayıcı çalışmaya başlar başlamaz HB'de bulunan bir zamanlayıcının çalıştırıldığı kabul edilmiştir. Ayrıca SAV1 ve SAV2 tarafından algılanan sesüstü dalga seviyeleri –bir değişiklik olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla– sürekli olarak HB tarafından kontrol edilmektedir. Yaklaşmakta olan araç sırasıyla SAV1 ve SAV2'nin algı alanına girmekte ve girişlerin algılandığı zamanlar kaydedilmektedir. İlerlemeye devam eden araç sırasıyla SAV1 ve SAV2'nin algı alanından çıkmakta ve çıkışların gerçekleştiği zamanlar kaydedilmektedir. Son olarak da kaydedilen zamanlar kullanılarak aracın hızı hesaplanmaktadır. Ortam sıcaklığının T olduğu ve aracın algılayıcıya SAV1'in olduğu taraftan $V_{Araç}$ hızı ile yaklaştığı kabul edilmiştir. Bu durum Şekil 2.10'da görülmektedir.

HB : Hesaplama Birimi
 SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
 SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
 h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
 d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
 θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 $V_{Araç}$: Aracın Hızı

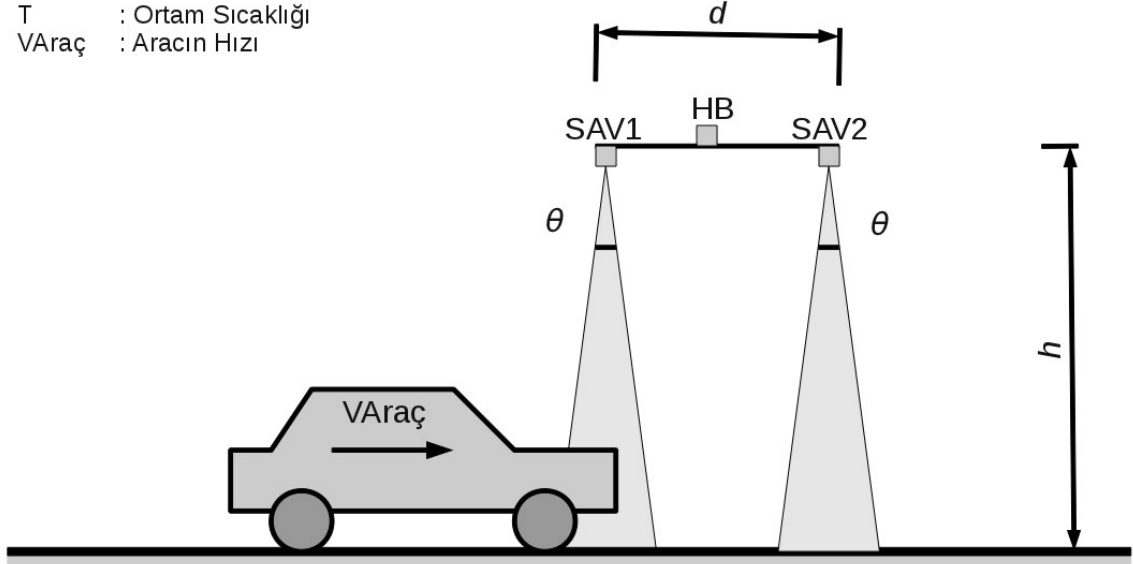


Şekil 2.10 Aracın yaklaşma doğrultusu

2.2.2.1 Yaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılanması

Bu adımda; SAV1 tarafından algılanan sesüstü dalga seviyesi, belirlenen eşik değerin üstüne çıkmıştır. Böylece aracın SAV1'e yaklaştığı belirlenmiş olur. Zamanlayıcıdaki değer okunarak *Yaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılandığı Zaman* ($t_{SAV1Yaklaşma}$) olarak kaydedilir. Eğer bu zaman önceden kaydedilmiş ise, önceki kaydedilmiş olan değer değiştirilmez. Bu çalışma adımı Şekil 2.11'de görülmektedir.

HB : Hesaplama Birimi
 SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
 SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
 h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
 d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 $V_{Araç}$: Aracın Hızı

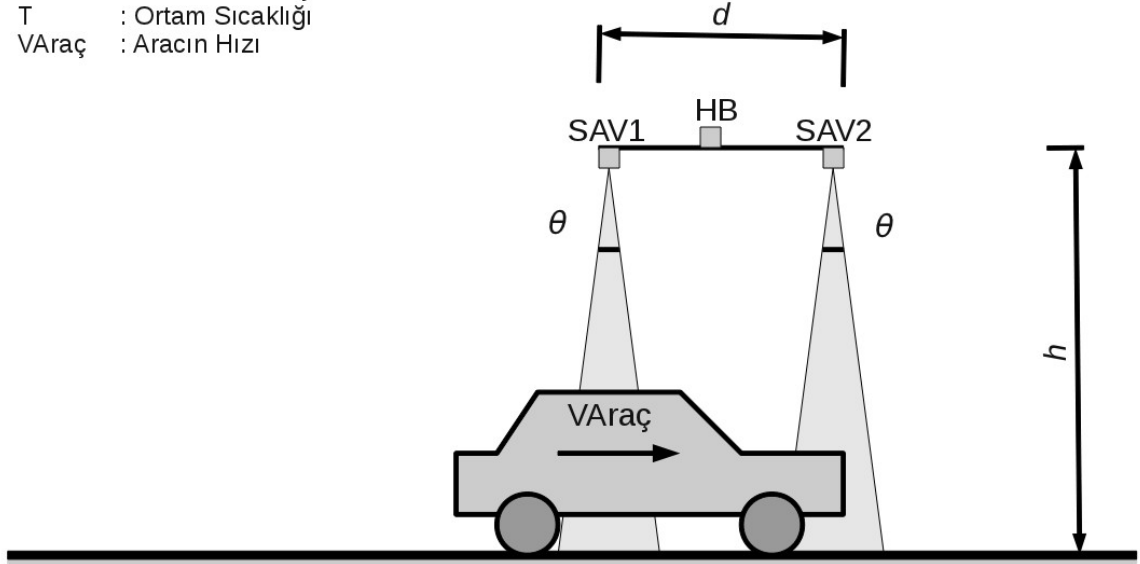


Şekil 2.11 Yaklaşan aracın SAV1 tarafından algılandığı zaman

2.2.2.2 Yaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılanması

Bu adımda; SAV2 tarafından algılanan sesüstü dalga seviyesi, belirlenen eşik değerın üstüne çıkmıştır. Böylece aracın SAV2'ye yaklaştığı belirlenmiş olur. Zamanlayıcıdaki değer okunarak *Yaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılandığı Zaman* ($t_{SAV2Yaklaşma}$) olarak kaydedilir. Eğer bu zaman önceden kaydedilmiş ise, önceki kaydedilmiş olan değer değiştirilmez. Bu çalışma adımı Şekil 2.12'de görölmektedir.

HB : Hesaplama Birimi
 SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
 SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
 h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
 d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
 θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 $V_{Araç}$: Aracın Hızı

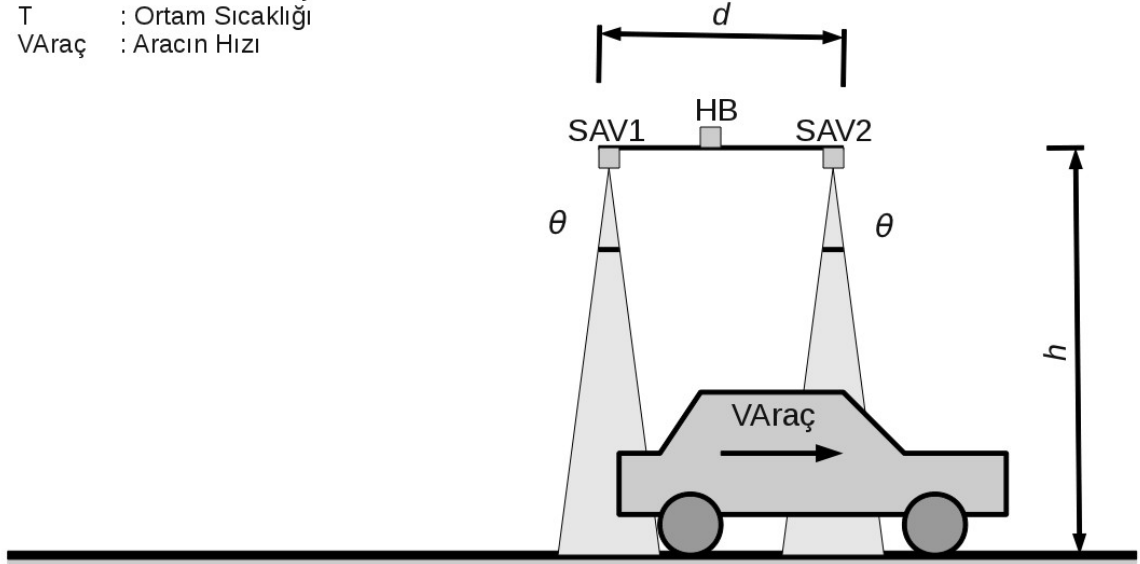


Şekil 2.12 Yaklaşan aracın SAV2 tarafından algılandığı zaman

2.2.2.3 Uzaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılanması

Bu adımda; SAV1 tarafından algılanan sesüstü dalga seviyesi, belirlenen eşik değerin altına düşmüştür. Böylece aracın SAV1'den uzaklaştığı belirlenmiş olur. Zamanlayıcıdaki değer okunarak *Uzaklaşan Aracın SAV1 Tarafından Algılandığı Zaman* ($t_{SAV1Uzaklaşma}$) olarak kaydedilir. Eğer bu zaman önceden kaydedilmiş ise, önceki kaydedilmiş olan değer değiştirilmez. Bu çalışma adımı Şekil 2.13'te görülmektedir.

HB : Hesaplama Birimi
 SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
 SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
 h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
 d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 VAraç : Aracın Hızı

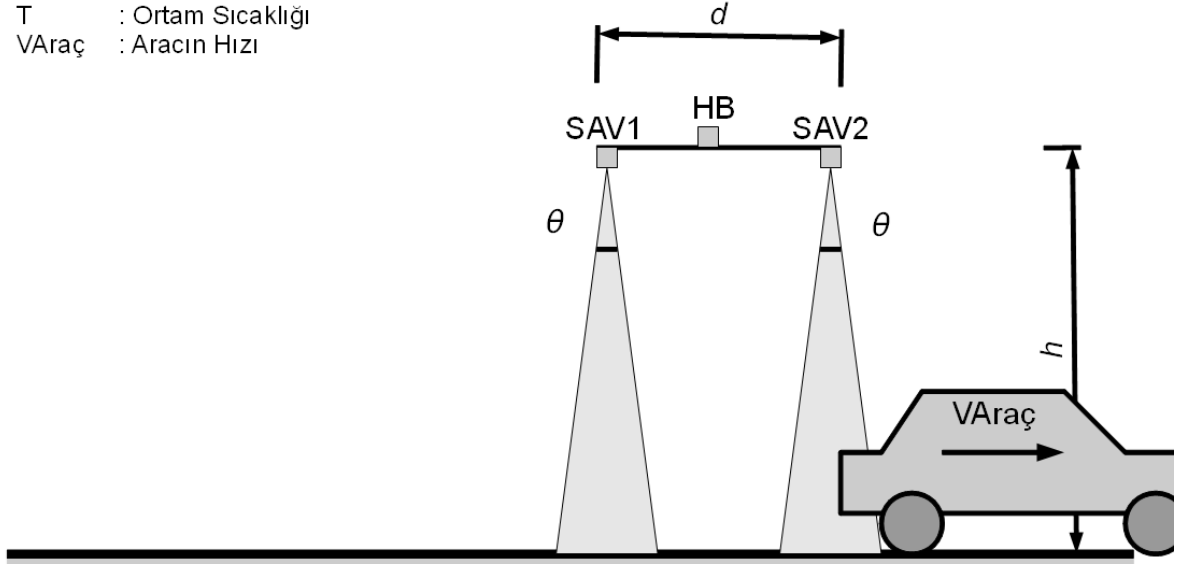


Şekil 2.13 Uzaklaşan aracın SAV1 tarafından algılandığı zaman

2.2.2.4 Uzaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılanması

Bu adımda; SAV2 tarafından algılanan sesüstü dalga seviyesi, belirlenen eşik değerin altına düşmüştür. Böylece aracın SAV2'den uzaklaştığı belirlenmiş olur. Zamanlayıcıdaki değer okunarak *Uzaklaşan Aracın SAV2 Tarafından Algılandığı Zaman* ($t_{SAV2Uzaklaşma}$) olarak kaydedilir. Eğer bu zaman önceden kaydedilmiş ise, önceki kaydedilmiş olan değer değiştirilmez. Bu çalışma adımı Şekil 2.14'te görülmektedir.

HB : Hesaplama Birimi
 SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
 SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2
 h : SAV'ların Yerden Yüksekliği
 d : SAV'lar Arasındaki Mesafe
 Θ : SAV Hüzme Açısı
 T : Ortam Sıcaklığı
 $V_{Araç}$: Aracın Hızı



Şekil 2.14 Uzaklaşan aracın SAV2 tarafından algılandığı zaman

2.2.2.5 Aracın Hızının Hesaplanması

$t_{SAV1Yaklaşma}$ ve $t_{SAV2Yaklaşma}$ arasındaki fark bulunarak *Aracın Yaklaşma Zamanı* ($t_{Yaklaşma}$) hesaplanır. Benzer şekilde, $t_{SAV1Uzaklaşma}$ ve $t_{SAV2Uzaklaşma}$ arasındaki fark bulunarak *Aracın Uzaklaşma Zamanı* ($t_{Uzaklaşma}$) hesaplanır. $t_{Yaklaşma}$ ve $t_{Uzaklaşma}$ zamanları kullanılarak *Aracın SAV1 ve SAV2 Tarafından Algılanması Arasında Geçen Ortalama Zaman* ($t_{SAV1-SAV2}$) hesaplanır. Eğer $t_{Yaklaşma}$ veya $t_{Uzaklaşma}$ zamanlarından sadece biri algılandıysa algılanan zaman $t_{SAV1-SAV2}$ olarak kullanılır, eğer $t_{Yaklaşma}$ veya $t_{Uzaklaşma}$ zamanlarından her ikisi de algılandıysa $t_{Uzaklaşma}$ zamanı $t_{SAV1-SAV2}$ olarak kullanılır. $t_{SAV1-SAV2}$ ve d kullanılarak *Aracın Ölçülen Hızı* ($V_{AraçÖlç}$) hesaplanır.

2.3 Matematiksel Model

Bu bölümde sesüstü dalga ve algılayıcı ile matematiksel model açıklanacaktır.

2.3.1 Ön Kabuller ve Kısıtlar

- Benzetimdeki tüm hesaplamalar 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir.
- Sesüstü dalga partikülünün en fazla 1 yüzeyden (yerden veya araçtan) yansıyabildiği

kabul edilmiştir. Sonraki yansıma durumlarında sesüstü dalga partikülü yok edilmiştir.

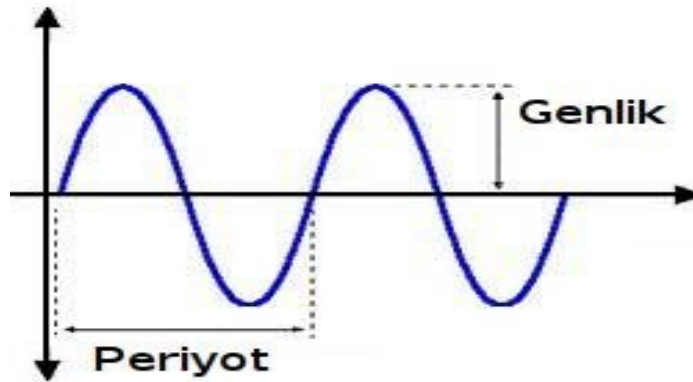
- Araçtan veya yerden yansıyan sesüstü dalganın sadece SAV'a ulaşabilecek doğrultudaki bileşeni oluşturulmuştur, diğer doğrultulardaki bileşenleri göz ardı edilmiştir.
- Sesüstü dalga partiküllerinin genliğinin yayılma veya yansıma ile değişmediği kabul edilmiştir.
- Ortamdaki nemin sesüstü dalga hızına etkisi ihmal edilmiştir.
- Aracın geometrisi, sesüstü dalganın yüzeye gelme açısı mümkün olduğunca 90°'ye yakın olacak şekilde köşeli seçilmiştir.

2.3.2 Sesüstü Dalga Modeli

Algılayıcı tarafından yayınlanan ve algılanan sesüstü dalgalara ait matematiksel model aşağıda açıklanmıştır.

2.3.2.1 Partikül

Herhangi bir sinüsoidal işaret genlik ve periyot bilgileri ile karakterize edilebilir. Şekil 2.15'te sinüsoidal işaretin genlik ve periyot bilgileri gösterilmiştir.



Şekil 2.15 Sinüsoidal işaretin genlik ve periyot bilgileri

Periyot bilgisini kullanarak frekans hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılabilir.

$$f = 1 / T \quad T:[ms], f:[KHz] \quad (2.1)$$

İşaretin 1 periyot süresindeki kısmına 1 *çevrim* (atma-salınım-pulse) denilebilir. Sesüstü

dalganın her 1 çevrimi, benzetimde 1 *partikül* olarak modellenmiştir. Ardışık 2 çevrim arasındaki süreyi ifade eden periyot bilgisi matematiksel modelde aynen korunmuştur. Genlik bilgisi ise –matematiksel modelin basitliği açısından– ihmal edilmiştir. Bu yüzden genlik ile ilişkili olan sesüstü dalga enerjisi, modelde *partikül sayısı* olarak ifade edilmiştir. Sesüstü dalganın partikül olarak modellenmesindeki amaç, gerçekte sürekli zaman (continuous time) olarak ifade edilen dalgayı sayısal benzetim ile uyumlu olan ayrık zamana (discrete time) taşıyabilmektir.

2.3.2.2 Hız

Sesüstü dalganın hızını hesaplayabilmek için Nave (2001) tarafından verilen (2.2) denklemi [19] kullanılmıştır. Bu denklemde sıcaklığın sesüstü dalga hızına etkisi göz önünde bulundurulmuş, nemin etkisi ise göz ardı edilmiştir.

$$V_{ses} = 331.4 + (0.6 \cdot T) \quad V_{ses}:[m/s], T:[^{\circ}C] \quad (2.2)$$

Nemin artması havanın yoğunluğunun (density) azalmasına, dolayısıyla sesüstü dalga hızının artmasına neden olur [4]. Ayrıca nemin artması, havanın özgül ısısının (specific heat ratio) azalmasına, dolayısıyla sesüstü dalga hızının azalmasına sebep olur. Yoğunluğun azalması, özgül ısısının azalmasından daha baskın etki yapar. Sonuç olarak nemin artmasıyla birlikte sesüstü dalga hızı da artar. Çeşitli sıcaklık değerleri için nemin sesüstü dalga hızında neden olduğu yüzdelik artış aşağıdaki Çizelge 2.1'de görülmektedir [4].

Çizelge 2.1 Nemin sesüstü dalga hızında neden olduğu yüzdelik artış

Sıcaklık ($^{\circ}C$)	<i>Bağıl Nem (%)</i>					
	0	30	40	50	80	100
5	0,91	0,95	0,97	0,98	1,02	-
10	1,81	1,87	1,89	1,91	1,97	2,01
15	2,71	2,79	2,82	2,85	2,93	2,98
20	3,6	3,71	3,75	3,79	3,9	3,98
30	5,35	5,55	5,62	5,69	5,9	6,03
40	7,07	7,43	7,54	7,66	8,03	8,27

Pratik olarak uygulanmış olan bir SAV tasarımında [22]; sıcaklığın sesüstü dalga hızına etkisi hesaplara katılmış, nemin etkisi ise göz ardı edilmiştir. Matematiksel modelin basitliği

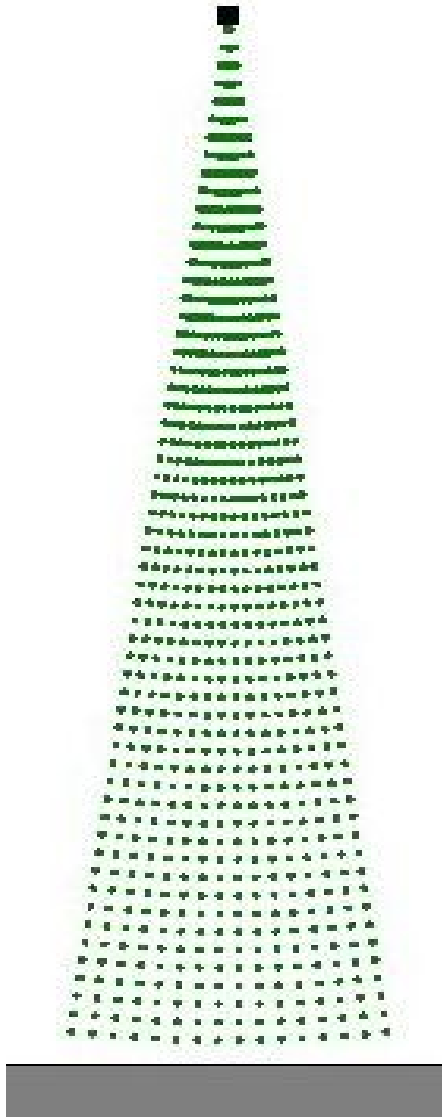
açısından aynı yaklaşım benimsenerek sıcaklığın sesüstü dalga hızına etkisi denklemlere katılmış, nemin etkisi ise göz ardı edilmiştir.

2.3.3 Algılayıcı Modeli

Bu bölümde algılayıcı ile ilgili matematiksel model açıklanacaktır.

2.3.3.1 Doğrultu Sayısı ve Hüzme Açısı

Algılayıcı, sesüstü partikülleri θ hüzme açısını kapsayacak ve $n_{Doğrultu}$ tane farklı doğrultuda yayacak şekilde modellenmiştir. $n_{Doğrultu}$ ve θ Şekil 2.12'de gösterilmiştir. Bu şekilde $\theta=15^\circ$ ve $n_{Doğrultu}=16$ seçilmiştir.



Şekil 2.16 $n_{Doğrultu}=16$ ve $\theta=15^\circ$

2.3.3.2 Partikül Yayınlama Periyodu ve Yayınlanan Ortalama Partikül Sayısı

Sesüstü dalga partiküllerinin yayınlanma periyodunu sesüstü dalganın frekansı belirler. Benzetimde sesüstü dalganın frekansının 40KHz olduğu kabul edilmiştir. (2.1) denklemi ile sesüstü dalganın periyodunun – dolayısıyla *Partikül Yayınlama Periyodu* (T_{Yay}) – 0.25ms olduğu hesaplanır. Buna göre birim zamanda *Yayınlanan Ortalama Partikül Sayısı* (p_{OrtYay}) aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$p_{OrtYay} = n_{Doğrultu} / T_{Yay} \quad p_{OrtYay} : [1/ms], T_{Yay} : [ms] \quad (2.3)$$

2.3.3.3 Partikül Algılama Periyodu ve Algılanan Ortalama Partikül Sayısı

Partikül Algılama Periyodu (T_{Alg}), algılayıcı tarafından algılanan toplam partikül sayısının hangi aralıklarla ortalamasının alınacağını belirler. T_{Yay} 'ın aksine, T_{Alg} için herhangi bir kısıt ve koşul söz konusu değildir.

Durağan durumda ve herhangi bir araç algılama söz konusu değilken; p_{OrtAlg} değerinin, *Durağan Durumda Algılanan Ortalama Partikül Sayısına* ($p_{Durağan}$) eşit olması beklenir. Buna göre durağan durumda p_{OrtAlg} için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$p_{OrtAlg} = p_{Durağan} \quad p_{Durağan} : \text{sabit pozitif reel sayı} [1/ms] \quad (2.4)$$

2.3.3.4 Alçak Geçiren Süzgeç

Algılanan ortalama partikül sayısındaki ani değişimleri tolere edebilmek ve hatalı karar vermeyi engellemek amacıyla matematiksel modelde bir Alçak Geçiren Süzgeç (AGS) öngörülmüştür. Bu AGS, son N_{AGS} tane p_{OrtAlg} değerinin ortalamasını alır. Algılayıcı modelinin çalışma anında aracın algılanıp algılanmaması kararı verilirken *Alçak Geçiren Süzgeç Çıkışındaki Algılanan Ortalama Partikül Sayısı* ($p_{OrtAlgAGS}$) değeri kullanılır. Bu AGS için ayrık zaman süzgeç denklemi aşağıda verilmiştir.

$$p_{OrtAlgAGS}[n] = \frac{1}{N_{AGS}} \cdot \sum_{i=0}^{N_{AGS}-1} p_{OrtAlg}[n-i] \quad p_{OrtAlgAGS} : [1/ms], n : \text{ayrık zaman} \quad (2.5)$$

2.3.3.5 Eşik Fonksiyonu ve Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi

Algılanan ortalama partikül sayısındaki ani değişiklikleri tolere edebilmek ve hatalı karar vermeyi engellemek amacıyla matematiksel modelde bir *Eşik Fonksiyonu* ($f_{Eşik}$) öngörülmüştür. $f_{Eşik}$ giriş olarak $p_{OrtAlgAGS}$ 'yi, $p_{Durağan}$ 'ı, *Yüksek Eşik Katsayısını* ($k_{Yüksek}$), *Düşük*

Eşik Katsayısını ($k_{Düşük}$) almakta ve çıkış olarak *Algılanan Ortalama Partikül Seviyesini* (s_{OrtAlg}) üretmektedir.

$$s_{OrtAlg} = f_{Eşik}(p_{OrtAlgAGS}, p_{Durağan}, k_{Yüksek}, k_{Düşük}) \quad s_{OrtAlg} : [1/ms] \quad (2.6)$$

$k_{Yüksek}$ ve $k_{Düşük}$ aşağıdaki eşitsizliği sağlamalıdır.

$$k_{Yüksek} > 1 > k_{Düşük} > 0 \quad (2.7)$$

$f_{Eşik}$ fonksiyonunda kullanılan *Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi İçin Yüksek Eşik* ($s_{Yüksek}$) ve *Algılanan Ortalama Partikül Seviyesi İçin Düşük Eşik* ($s_{Düşük}$) ara değişkenleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

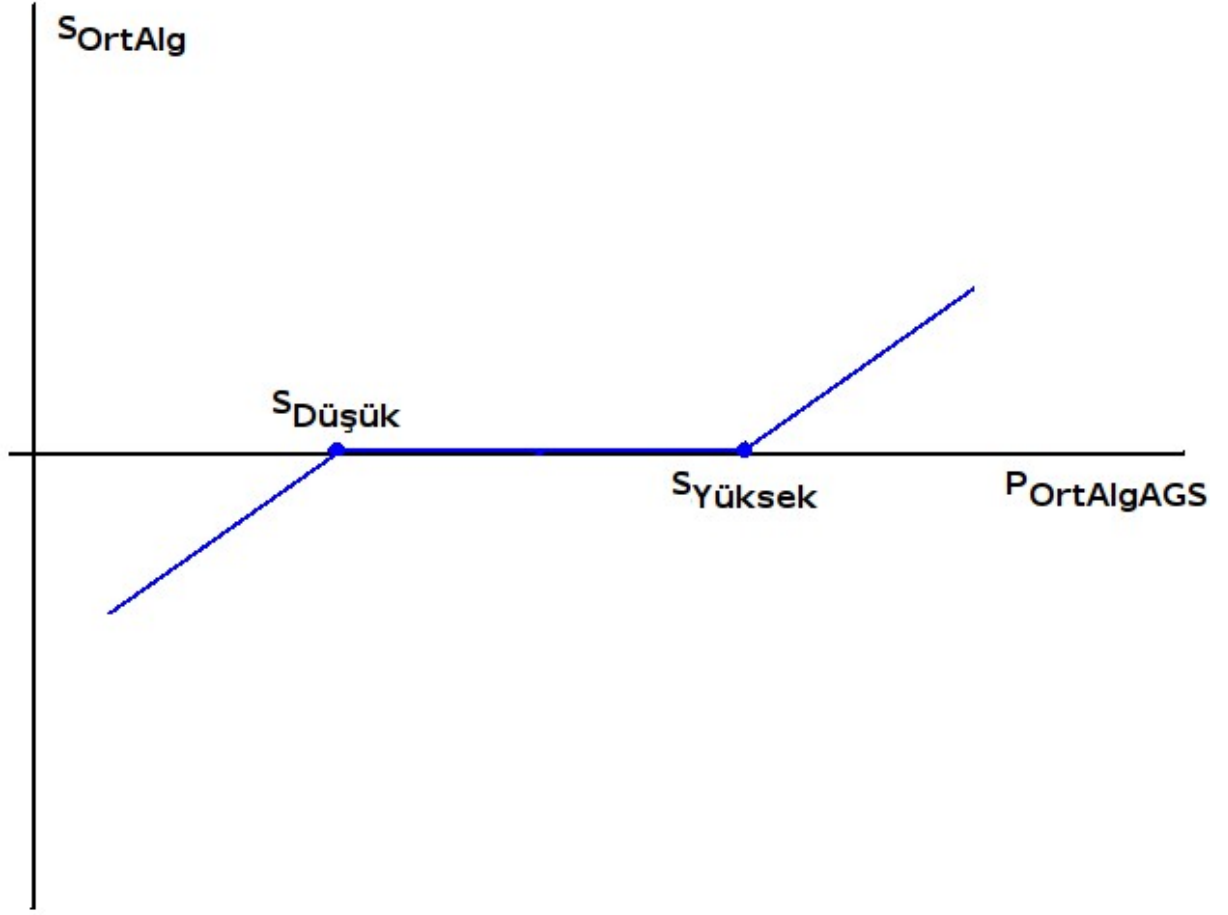
$$s_{Yüksek} = p_{Durağan} \cdot k_{Yüksek} \quad s_{Yüksek} : [1/ms] \quad (2.8)$$

$$s_{Düşük} = p_{Durağan} \cdot k_{Düşük} \quad s_{Düşük} : [1/ms] \quad (2.9)$$

$f_{Eşik}$ aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$f_{Eşik} = \begin{cases} p_{OrtAlgAGS} - s_{Yüksek} , & p_{OrtAlgAGS} > s_{Yüksek} \text{ ise} \\ p_{OrtAlgAGS} - s_{Düşük} , & p_{OrtAlgAGS} < s_{Düşük} \text{ ise} \\ 0 , & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.10)$$

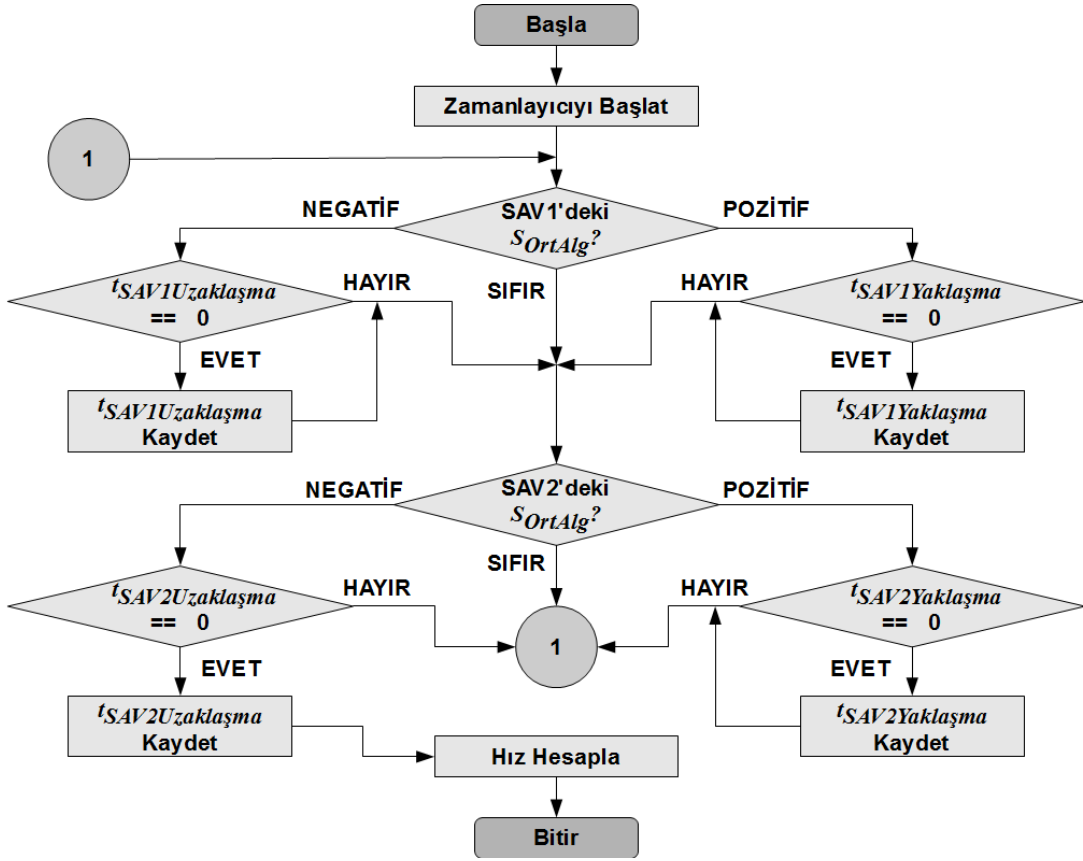
$f_{Eşik}$ Şekil 2.17'de gösterilmiştir.



Şekil 2.17 Eşik fonksiyonu

2.3.3.6 Algılama Karar Algoritması

Algılama karar algoritması Şekil 2.18'dedir.



Şekil 2.18 Algılama karar algoritması

2.3.4 Hızın Hesaplanması

$t_{SAV1Yaklaşma}$ ve $t_{SAV2Yaklaşma}$ kullanılarak aşağıdaki denklem ile $t_{Yaklaşma}$ hesaplanabilir.

$$t_{Yaklaşma} = t_{SAV2Yaklaşma} - t_{SAV1Yaklaşma} \quad (\text{tüm birimler ms}) \quad (2.11)$$

$t_{SAV1Uzaklaşma}$ ve $t_{SAV2Uzaklaşma}$ kullanılarak aşağıdaki denklem ile $t_{Uzaklaşma}$ hesaplanabilir.

$$t_{Uzaklaşma} = t_{SAV2Uzaklaşma} - t_{SAV1Uzaklaşma} \quad (\text{tüm birimler ms}) \quad (2.12)$$

$t_{Yaklaşma}$ ve $t_{Uzaklaşma}$ kullanılarak aşağıdaki denklem ile $t_{SAV1-SAV2}$ hesaplanabilir.

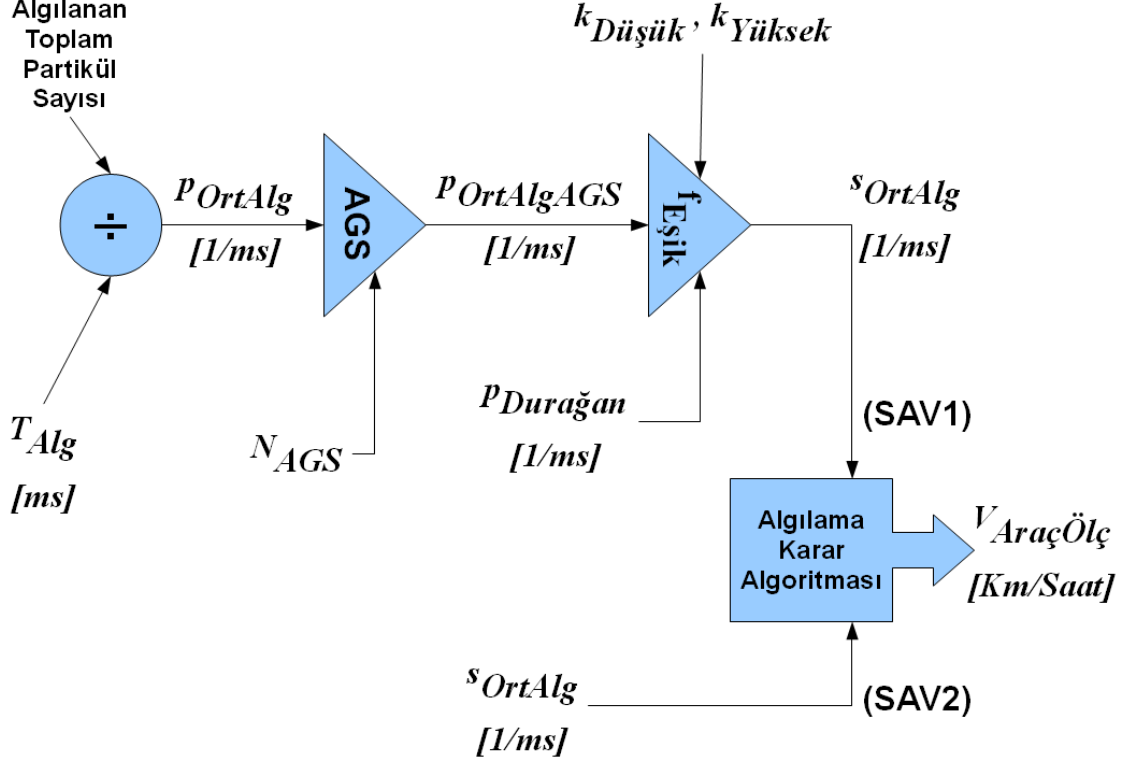
$$t_{SAV1-SAV2} = \begin{cases} t_{Uzaklaşma} & , \quad t_{Uzaklaşma} \neq 0 \text{ ise} \\ t_{Yaklaşma} & , \quad t_{Uzaklaşma} = 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (2.13)$$

$V_{AraçÖlç}$ aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$V_{AraçÖlç} = \frac{d \cdot 3600}{t_{SAV1-SAV2}} \quad V_{AraçÖlç} : [Km/Saat], \quad d : [m], \quad t_{SAV1-SAV2} : [ms] \quad (2.14)$$

2.3.5 Algılama Blok Diyagramı

Algılama blok diyagramı Şekil 2.19'dadır.



Şekil 2.19 Algılama blok diyagramı

2.3.6 Ölçme Çözünürlüğü

$t_{SAV1-SA2}$ değeri, T_{Alg} değerinin pozitif tam sayı katı olmak zorundadır. Çünkü p_{OrtAlg} değeri ancak T_{Alg} aralıklarıyla hesaplanır. Buna göre $V_{Araç Ölç}$ için aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$V_{Araç Ölç} = V^k = \frac{d \cdot 3600}{k \cdot T_{Alg}} \quad k : \text{pozitif tam sayı} \quad (2.15)$$

Algılayıcının ölçme çözünürlüğünün belirlenebilmesi için ardışık 2 tane k sayısı kullanılarak hesaplanan $V_{Araç Ölç}$ değerlerinin farkı kullanılabilir. (2.15) denklemi ve k sayısı kullanılarak hesaplanan hız V^k ile (2.15) denklemi ve $k+1$ sayısı kullanılarak hesaplanan hız V^{k+1} arasındaki fark olan Ölçme Çözünürlüğü ($R_{ölç}$) aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$R_{ölç}^k = V^k - V^{k+1} \quad R_{ölç}^k : [Km/Saat] \quad (2.16)$$

2.3.7 Ölçme Hatası

$V_{AraçÖlç}$ değerine ait *Ölçme Hatası* (e), aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$e = \frac{V_{AraçÖlç} - V_{Araç}}{V_{Araç}} \cdot 100 \quad e:[\%], V_{AraçÖlç}:[Km/Saat], V_{Araç}:[Km/Saat] \quad (2.17)$$

Ayrıca (2.15) ve (2.17) denklemleri birlikte düşünüldüğünde, e 'nin bağlı olduğu değişkenler için genel olarak aşağıdaki ifade yazılabilir.

$$e = f(V_{Araç}, T_{Alg}, d) \quad (2.18)$$

2.3.8 En Büyük Ölçme Hatası

$V_{Araç}$, (2.15) denkleminde benzer şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$V_{Araç} = V^{k'} = \frac{d \cdot 3600}{k' \cdot T_{Alg}} \quad k' : \text{pozitif reel sayı} \quad (2.19)$$

Buna göre; *Herhangi Bir k İçin Ölçme Hatası* (e^k), (2.15) ve (2.19) denklemlerinin yardımıyla aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$e^k = \frac{V^k - V^{k'}}{V^{k'}} \cdot 100 \quad (2.20)$$

(2.15) ve (2.19) denklemlerine göre; $V_{AraçÖlç}$ ve $V_{Araç}$ arasındaki fark –dolayısıyla e –, k ve k' arasındaki farklılıktan kaynaklanır. k ve k' arasındaki ilişki için aşağıdaki eşitsizlik yazılabilir.

$$0 < k-1 < k' \leq k \quad (2.21)$$

e 'nin en büyük değerini alabilmesi için, k ile k' arasındaki farkın da en büyük değerini alması gerekir. Bunun için yukarıdaki eşitsizlikteki alt sınır koşulu eşitlik olarak varsayılabilir. Bu varsayım aşağıdaki denklemde gösterilmiştir.

$$k' = k - 1 \quad (\text{en büyük } e' \text{yi hesaplayabilmek için yapılan varsayım}) \quad (2.22)$$

Yukarıdaki denklemde yapılan varsayım yardımıyla aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$V_{Araç} = V^{k'} = V^{k-1} = \frac{d \cdot 3600}{(k-1) \cdot T_{Alg}} \quad (2.23)$$

Yukarıdaki denklem ve (2.15) denklemi, (2.17) denkleminde yerine konulursa *En Büyük Ölçme Hatası* (e_{Maks}^k) için aşağıdaki denkleme ulaşılabilir.

$$e_{Maks}^k = \frac{V^k - V^{k-1}}{V^{k-1}} \cdot 100 \quad (2.24)$$

(2.16) denkleminin yardımıyla aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$e_{Maks}^k = \frac{-R_{\text{ölç}}^{k-1}}{V^{k-1}} \cdot 100 \quad (2.25)$$

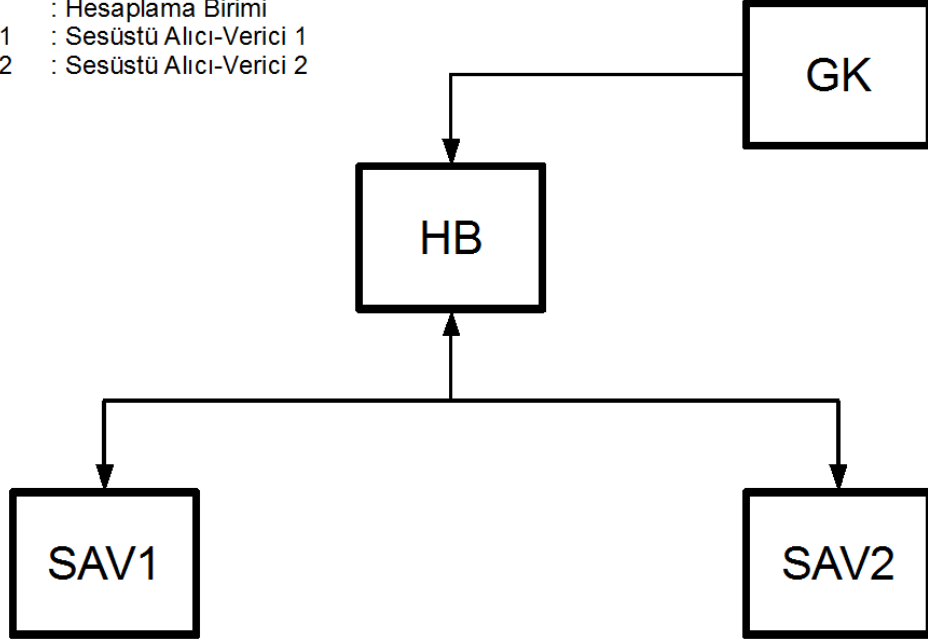
(2.22) denkleminde yapılan varsayımın sınır koşulu olduğu ve gerçekte doğru olmadığı bilindiğine göre; e_{Maks}^k değeri de sınır koşulunu ifade eder ve e^k mutlak değerinin e_{Maks}^k mutlak değerinden küçük olması beklenir.

$$|e^k| < |e_{Maks}^k| \quad k : \text{pozitif tam sayı} \quad (2.26)$$

2.4 Elektronik Model

Algılayıcının elektronik modelinde HB, SAV1 ve SAV2'ye ek olarak gerekli enerjiyi elde edebilmek amacıyla bir Güç Kaynağı (GK) öngörülmüştür. SAV1 ve SAV2 enerji ihtiyacını HB üzerinden sağlamaktadır. Algılayıcının temel elektronik modeli Şekil 2.20'de görülmektedir.

GK : Güç Kaynağı
HB : Hesaplama Birimi
SAV1 : Sesüstü Alıcı-Verici 1
SAV2 : Sesüstü Alıcı-Verici 2



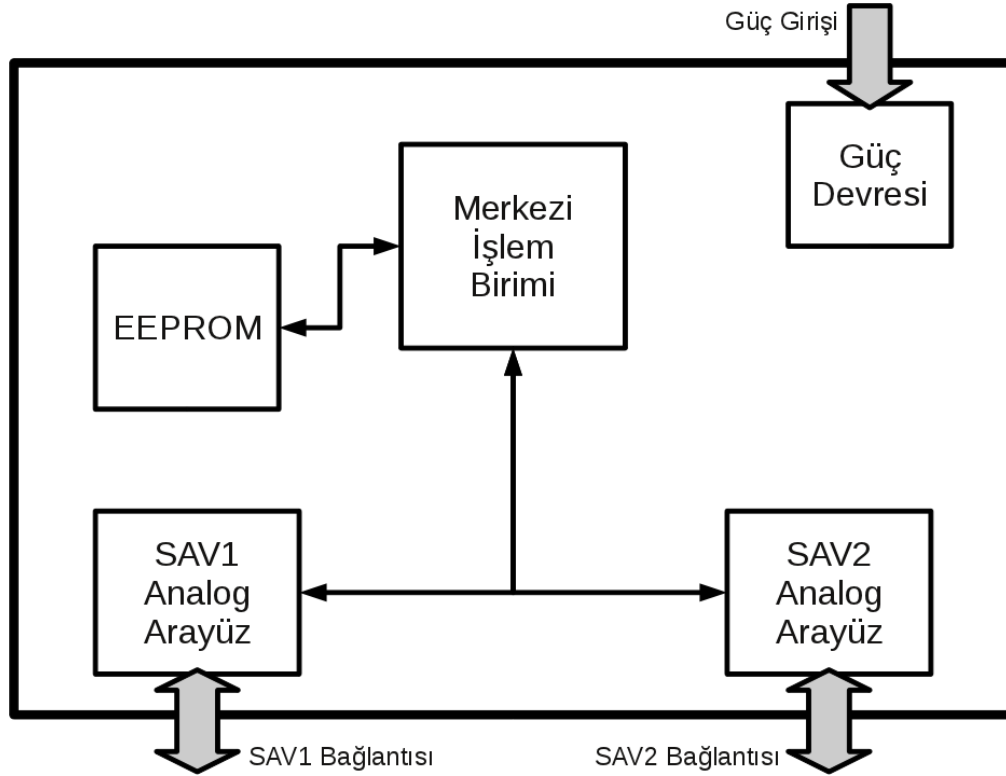
Şekil 2.20 Algılayıcının temel elektronik modeli

2.4.1 HB Elektronik Modeli

HB'nin en önemli parçasını Merkezi İşlem Birimi (MİB) oluşturmaktadır. MİB'in öngörülen görevleri aşağıda verilmiştir.

- İklendirme bilgisini EEPROM'dan okumak,
- SAV'a gönderilecek elektriksel işaretleri üretmek ve SAV'dan gelen elektriksel işaretleri analiz etmek,
- Zaman ölçümlerini yapmak,
- Hesaplamaları yapmak,
- Yapılan ölçümleri EEPROM'a kaydetmek.

HB'ye ait elektronik model Şekil 2.21'de görülmektedir.



Şekil 2.21 HB elektronik modeli

MİB'deki uygulama yazılımına ait ilklendirme bilgisini ve yapılan araç hızı ölçüm sonuçlarını -enerji kesilmesi durumunda bile- saklayabilmek amacıyla HB elektronik modelinde bir EEPROM kullanılması öngörülmüştür.

2.4.2 SAV Elektronik Modeli

SAV; Sesüstü Verici (SV) ve Sesüstü Alıcı (SA) devrelerinin birleşiminden meydana gelir. Ayrıca HB'den gelen elektriksel işaretleri uygun özelliklere getirebilmek amacıyla bir de Analog Arayüz Devresi (AAD) içerir.

SV devresinde aşağıdaki alt devreler bulunur:

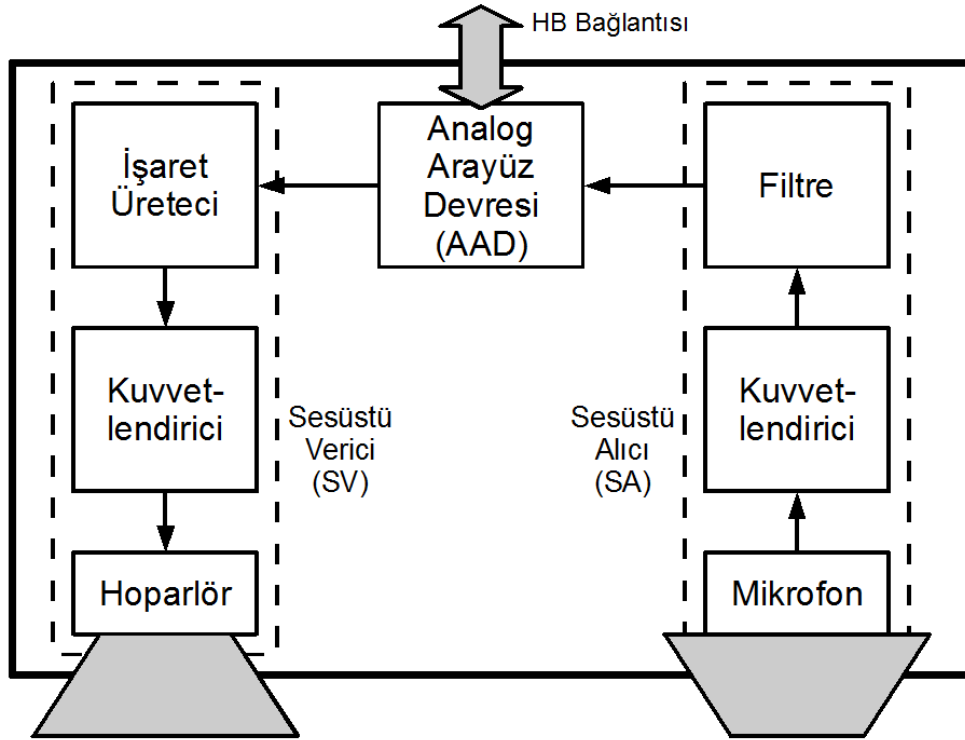
- Sesüstü frekansta elektriksel işaret üretebilmek amacıyla bir işaret üretici,
- Üretilen elektriksel işareti kuvvetlendirebilmek amacıyla bir kuvvetlendirici,
- Üretilen elektriksel işareti dalga olarak yayınlatabilmek amacıyla bir sesüstü hoparlör.

SA devresinde aşağıdaki alt devreler bulunur:

- Sesüstü dalgaları alabilmek amacıyla bir sesüstü mikrofon,

- Mikrofondan alınan elektriksel işaretleri kuvvetlendirebilmek amacıyla bir kuvvetlendirici,
- Elektriksel işaretleri gereksiz bilgilerden arındırabilmek amacıyla sesüstü frekansa uygun bir filtre.

SAV'a ait elektronik model Şekil 2.22'de görülmektedir.



Şekil 2.22 SAV elektronik modeli

BÖLÜM 3

BENZETİM

3.1 Yazılım Sınıfları

Bu bölümde benzetimde kullanılan temel C++ sınıfları kısaca açıklanacaktır.

3.1.1 Giriş Dosyası Sınıfı

Giriş dosyası sınıfı yazılımda *EGirisDosyasi* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta bir dosyadaki formatlı verileri okumak için gerekli değişken ve fonksiyonlar bulunur.

3.1.2 Çıkış Dosyası Sınıfı

Çıkış dosyası sınıfı yazılımda *ECikisDosyasi* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta bir dosyaya formatlı veri yazmak için gerekli değişken ve fonksiyonlar bulunur.

3.1.3 Benzetim Sınıfı

Benzetim sınıfı yazılımda *EBenzetim* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta; benzetim adımı, benzetim zamanı, sıcaklık, sesüstü dalga hızı vb. benzetim ile ilgili değişkenler ve ilgili fonksiyonlar bulunur.

3.1.4 Algılayıcı Sınıfı

Algılayıcı sınıfı yazılımda *EAlgilayici* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıf; algılayıcıya ait konum, yükseklik, hüzmeye açısı vb. değişkenleri ve gerekli fonksiyonlarını içerir. Ayrıca bu sınıf, hesaplama birimi ve sesüstü alıcı-verici sınıfları tipinde değişken(ler) içerir.

3.1.4.1 Hesaplama Birimi Sınıfı

Hesaplama birimi yazılımda *EHesaplamaBirimi* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta; SAV1 ve SAV2'ye ait algılanan ortalama partikül seviyelerine ait değişkenler ve ilgili fonksiyonlar

bulunur.

3.1.4.2 Sesüstü Alıcı-Verici Sınıfı

Sesüstü alıcı-verici sınıfı yazılımda *ESesustuAliciVerici* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta; SAV'a ait konum, algılanan toplam partikül sayısı, algılanan ortalama partikül sayısı vb. değişkenler ve ilgili fonksiyonlar bulunur.

3.1.5 Araç Sınıfı

Araç sınıfı yazılımda *EArac* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta; aracın konumuna, hızına, geometrik modeline vb. ait değişkenler ve ilgili fonksiyonlar bulunur.

3.1.6 Gösterim Sınıfı

Gösterim sınıfı yazılımda *EGosterim* olarak isimlendirilmiştir. Bu sınıfta; gösterim ile ilgili pencere boyutu, pencere koordinatları vb. değişkenler ve ilgili fonksiyonlar bulunur.

3.1.7 Diğer Sınıflar

Yazılımda kullanılan bazı diğer sınıflar aşağıda verilmiştir.

- *Komut satırı argümanları sınıfı*: Komut satırı parametrelerini yorumlamak amacıyla kullanılır.
- *Dosya/satır okuma/yazma sınıfları*: Dosyadan formatlı satır okuma ve dosyaya formatlı satır yazma amacıyla kullanılır.
- *Hata sınıfı*: Yazılımın herhangi bir noktasında oluşan hatayı veya istisnayı belirlemek amacıyla kullanılır.
- *Sesüstü dalga partikülü sınıfı*: Sesüstü dalgayı modelleyebilmek amacıyla kullanılır.
- *Sabit parametre sınıfı*: Benzetim boyunca bir kez hesaplanan ve değeri sabit kalan parametreler için kullanılır.
- *Değişken parametre sınıfı*: Benzetimin her adımında değeri yeniden hesaplanan parametreler için kullanılır.
- *Geometrik şekil sınıfları*: Gösterim sınıfında kullanılan nokta, doğru parçası, üçgen, daire vb. geometrik şekillere ait sınıflardır.

3.2 Çalıştırma

3.2.1 İlkendirme Dosyası

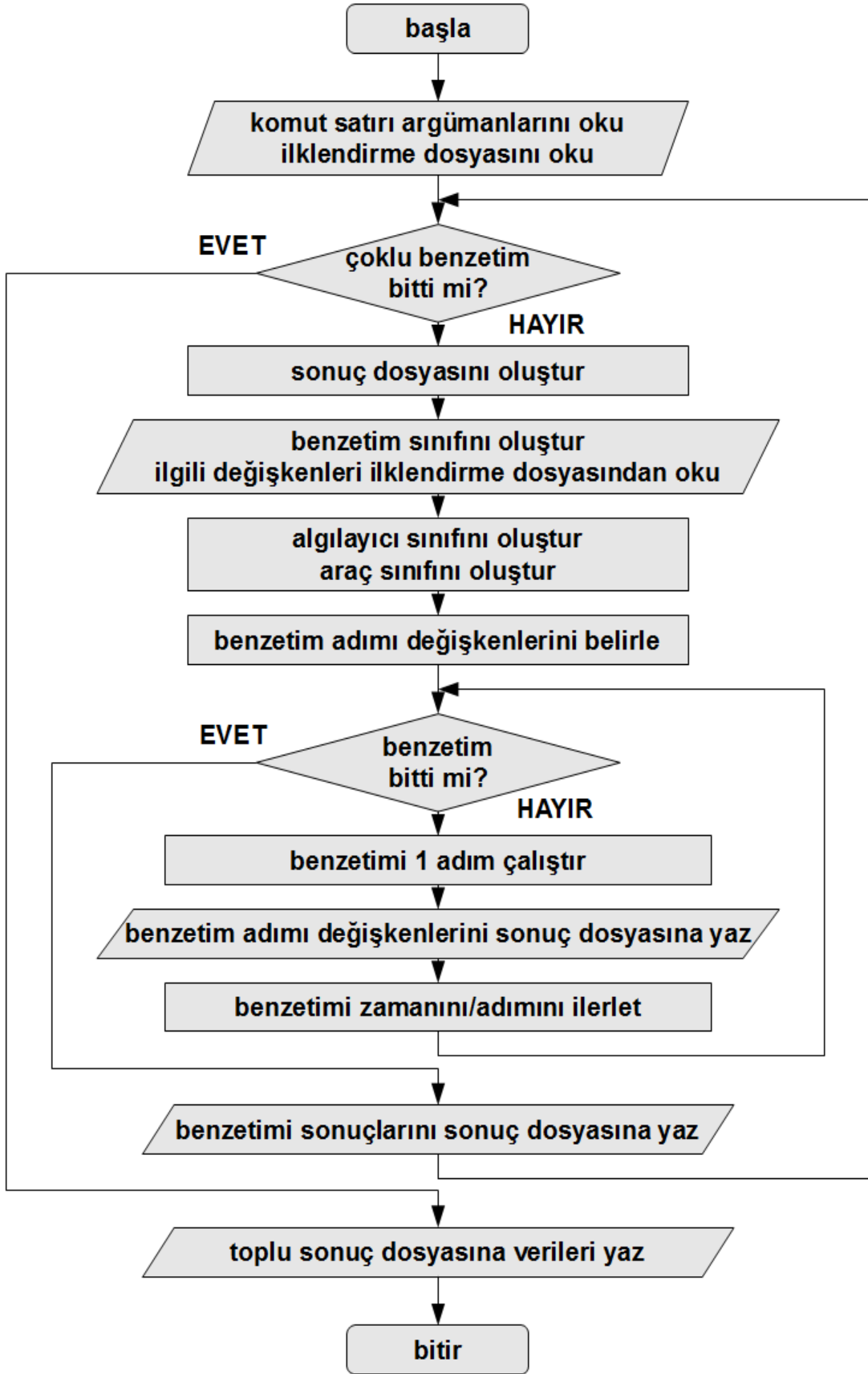
Bu dosyada benzetim, algılayıcı, araç ve gösterim ile ilgili ilkendirme parametreleri bulunur. Bu parametreler, benzetim çalıştırılmadan önce belirli bir formata uygun olarak kullanıcı tarafından bu dosyaya yazılır. Örnek bir ilkendirme dosyası olan *ilklendirme.txt* Ek 1'de verilmiştir.

3.2.2 Araç Dosyası

Bu dosyada aracın geometrik modeline ait bilgiler bulunur. Aracın geometrik modeline ait üçgen ve daire bilgileri benzetim çalıştırılmadan önce belirli bir formata uygun olarak kullanıcı tarafından bu dosyaya yazılır. Örnek bir araç dosyası olan *otomobil.txt* Ek 2'de verilmiştir.

3.2.3 Çalışma Adımları

Benzetim yazılımının akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yazılımın çalışma adımları

3.2.4 Sonuç Dosyaları

Birden fazla benzetimin tek komutla yapılması durumunda her benzetim sonucu ayrı bir dosyada saklanır. Bu dosyada, yazılımda belirlenmiş değişkenlerin benzetimin her adımındaki değerleri görülür. Benzetim değişkenleri belirli bir formata uygun olarak bu dosyanın her satırına benzetim çalışırken yazılır. Örnek bir sonuç dosyası olan *sonuc.txt_2* Ek 3'te verilmiştir.

Birden fazla benzetim sonucunda elde edilen hız ölçümleri, ortalama hız ölçümü ve hata değeri toplu sonuç dosyasına yazılır. Bu toplu sonuç dosyasında, benzetimler sonucunda ölçülen hız değerleri, ölçülen hızların ortalaması ve hızların ortalamasına ait hata değeri bulunmaktadır. Bu değerler benzetimler tamamlandığında dosyaya yazılır. Örnek bir toplu sonuç dosyası olan *sonuc.txt* Ek 4'te verilmiştir.

3.2.5 Konsol Çıktısı

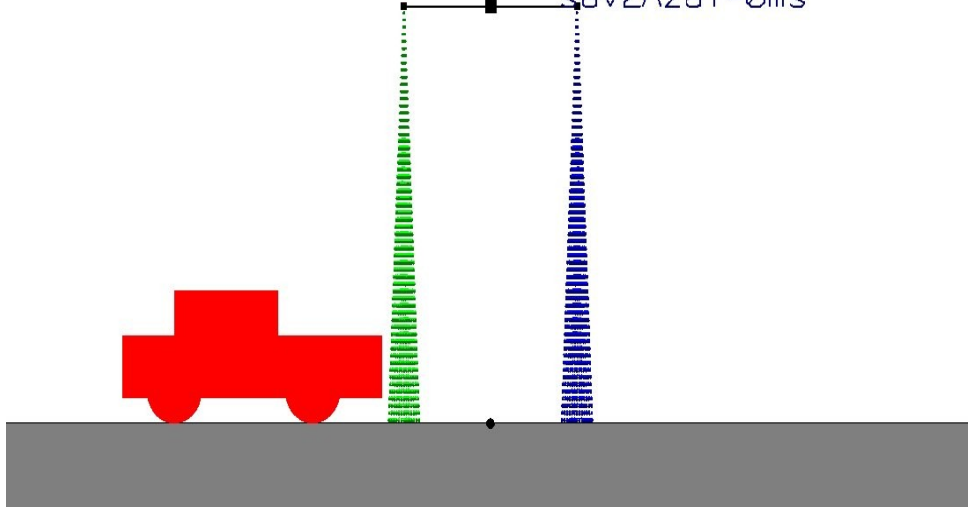
Benzetim çalışırken bazı değişkenleri ve çalışma sonucunda da bazı sonuçları konsola yazar. Örnek konsol çıktılarını içeren *konsol.txt* dosyası Ek 5'te verilmiştir.

3.2.6 Grafikselle Gösterim

Benzetimin çalışmasının gözlenebilmesi için benzetime grafikselle gösterim özelliği eklenmiştir. Böylece benzetimin çalışması şekilselle olarak gözlenebilir. Grafikselle gösterime ait bir ekran resmi Şekil 3.2'de görülmektedir.

$V_{Arac}=77.7\text{Km/Saat}$
 $x_{0Arac}=-1.5683\text{m}$
 $T=20\text{derece}$
 $h=5\text{m}$
 $d=2.5\text{m}$

$ADIM=3165$
 $ZAMAN=24.7266\text{ms}$
 $sav1Art=0\text{ms}$
 $sav2Art=0\text{ms}$
 $sav1Azal=0\text{ms}$
 $sav2Azal=0\text{ms}$



Şekil 3.2 Grafiksel gösterim

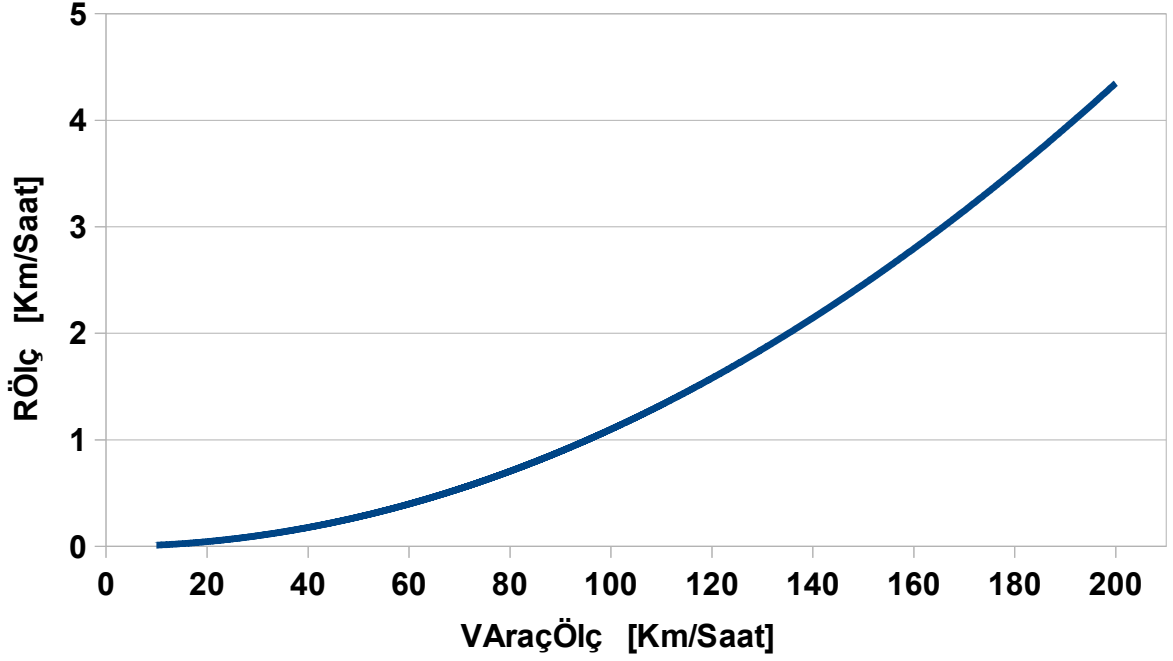
ALGILAYICININ ÇÖZÜMLENMESİ ve BENZETİMİ

4.1 Algılayıcının Çözümlemesi

4.1.1 $R_{ölç}$ ile İlgili Çözümleme Sonuçları

d , T_{Alg} ve k değişkenlerinin bilinmesi durumunda, (2.15) denklemi kullanılarak $V_{AraçÖlç}$ ve (2.16) denklemi kullanılarak da $R_{ölç}$ hesaplanabilir. Örneğin; $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=900$ iken $V_{AraçÖlç}=10Km/Saat$ ve $R_{ölç}=0.011Km/Saat$ olarak hesaplanır. Aynı denklemler ile $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=45$ iken $V_{AraçÖlç}=200Km/Saat$ ve $R_{ölç}=4.348Km/Saat$ olarak hesaplanır.

Şekil 4.1'de; $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=900$ 'den $k=45$ 'e kadar 1 azalım ile değişirken hesaplanan $V_{AraçÖlç}$ ve $R_{ölç}$ değerleri gösterilmektedir. $V_{AraçÖlç}$ değerleri x ekseninde, $R_{ölç}$ değerleri ise y ekseninde verilmiştir.



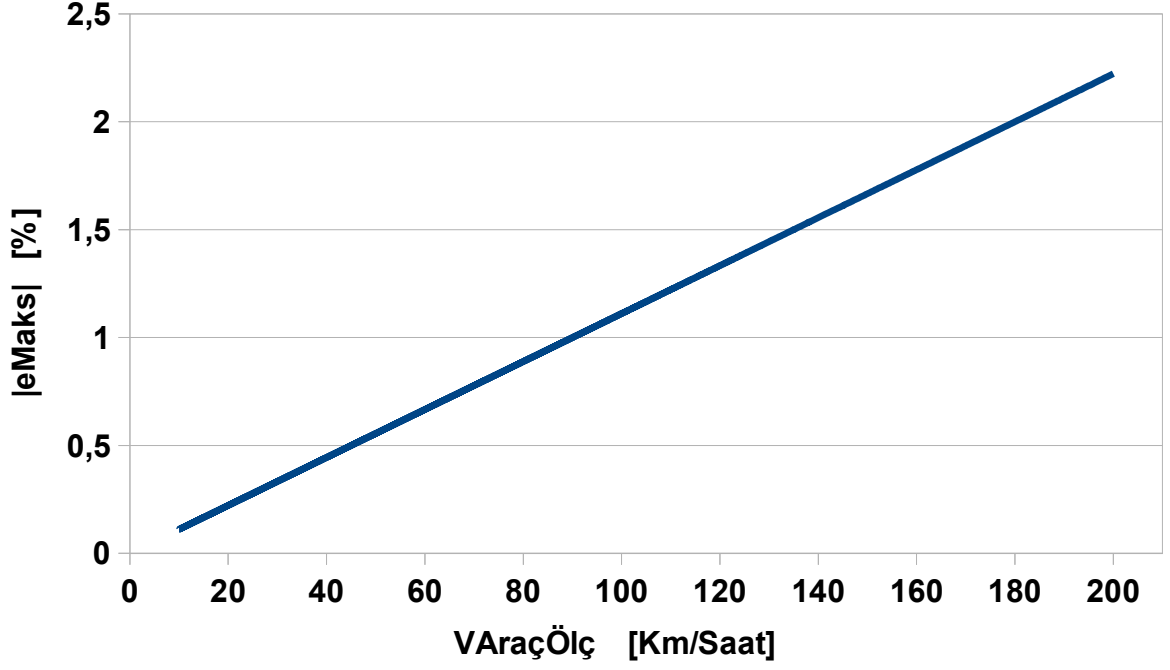
Şekil 4.1 Aracın ölçülen hızı - ölçme çözünürlüğü grafiği

(2.15) ve (2.16) denklemleri yardımıyla elde edilen Şekil 4.1'e göre, d ve T_{Alg} sabitken $V_{AraçÖlç}$ arttıkça $R_{Ölç}$ de artmaktadır.

4.1.2 $|e_{Maks}|$ ve $V_{AraçÖlç}$ Arasındaki Bağıntı ile İlgili Çözümleme Sonuçları

d , T_{Alg} ve k değişkenlerinin bilinmesi durumunda, (2.15) denklemi kullanılarak $V_{AraçÖlç}$ ve (2.23) ile (2.24) denklemleri kullanılarak da e_{Maks} hesaplanabilir. Örneğin; $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=900$ iken $V_{AraçÖlç}=10Km/Saat$ ve $|e_{Maks}|=\%0.111$ olarak hesaplanır. Aynı denklem ile $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=45$ iken $V_{AraçÖlç}=200Km/Saat$ ve $|e_{Maks}|=\%2.222$ olarak hesaplanır.

Şekil 4.2'de; $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ ve $k=900$ 'den $k=45$ 'e kadar 1 azalım ile değişirken hesaplanan $V_{AraçÖlç}$ ve $|e_{Maks}|$ değerleri gösterilmektedir. $V_{AraçÖlç}$ değerleri x ekseninde, $|e_{Maks}|$ değerleri ise y ekseninde verilmiştir.



Şekil 4.2 Aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği

(2.15), (2.23) ve (2.24) denklemleri yardımıyla elde edilen Şekil 4.2'ye göre, d ve T_{Alg} sabitken $V_{Araç Ölç}$ arttıkça $|e_{Maks}|$ da artmaktadır.

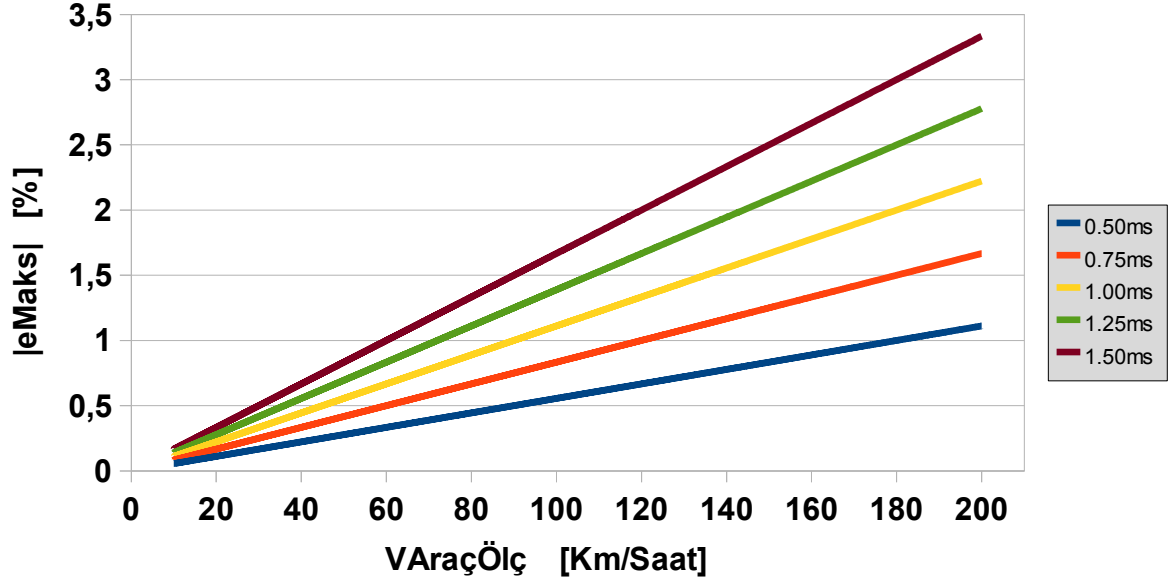
Çizelge 4.1'de $d=2.5m$ ve $T_{Alg}=1ms$ iken, $V_{Araç}=25Km/Saat$ 'ten $V_{Araç}=125Km/Saat$ 'e kadar $5Km/Saat$ artım ile değişirken; (2.19) denklemi yardımıyla hesaplanan k' , yukarı ve aşağı yuvarlama fonksiyonlarıyla elde edilen $\lceil k' \rceil$ ve $\lfloor k' \rfloor$, (2.15) denklemi yardımıyla hesaplanan $V^{k'}$ ve $V^{\lfloor k' \rfloor}$, (2.24) denklemi yardımıyla hesaplanan $|e^{k'}_{Maks}|$ bulunmaktadır.

Çizelge 4.1 Araç hızı ve hesaplanan veriler

$V[Km/Saat]$	k'	$V[k'] [Km/Saat]$	$[k']$	$V[k'] [Km/Saat]$	$[k']$	$ e[k'] Maks [%]$
25	360	25	360	25	360	0.277775
30	300	30	300	30	300	0.333332
35	257.1430	35.0195	257	34.8837	258	0.389106
40	225	40	225	40	225	0.444444
45	200	45	200	45	200	0.500002
50	180	50	180	50	180	0.555559
55	163.6360	55.2147	163	54.8780	164	0.613497
60	150	60	150	60	150	0.666665
65	138.4620	65.2174	138	64.7482	139	0.724633
70	128.5710	70.3125	128	69.7674	129	0.781251
75	120	75	120	75	120	0.833329
80	112.5	80.3571	112	79.6460	113	0.892857
85	105.8820	85.7143	105	84.9057	106	0.952378
90	100	90	100	90	100	0.999997
95	94.7368	95.7447	94	94.7368	95	1.06383
100	90	100	90	100	90	1.11111
105	85.7143	105.8820	85	104.6510	86	1.17647
110	81.8182	111.1110	81	109.7560	82	1.23456
115	78.2609	115.3850	78	113.9240	79	1.28205
120	75	120	75	120	75	1.33333
125	72	125	72	125	72	1.38889

4.1.3 $|e_{Maks}|$ ve T_{Alg} Arasındaki Bağntı ile İlgili Çözümleme Sonuçları

d , T_{Alg} ve k değişkenlerinin bilinmesi durumunda, (2.15) denklemini kullanılarak $V_{AraçÖlç}$ ve (2.23) ile (2.24) denklemleri kullanılarak da e_{Maks} hesaplanabilir. Şekil 4.3'te; $d=2.5m$ ve $k=900$ 'den $k=45$ 'e kadar 1 azalım ile değişirken 5 farklı T_{Alg} değeri (0.50ms, 0.75ms, 1.00ms, 1.25ms, 1.50ms) için hesaplanan $V_{AraçÖlç}$ ve $|e_{Maks}|$ değerleri gösterilmektedir. $V_{AraçÖlç}$ değerleri x ekseninde, $|e_{Maks}|$ değerleri ise y ekseninde verilmiştir.

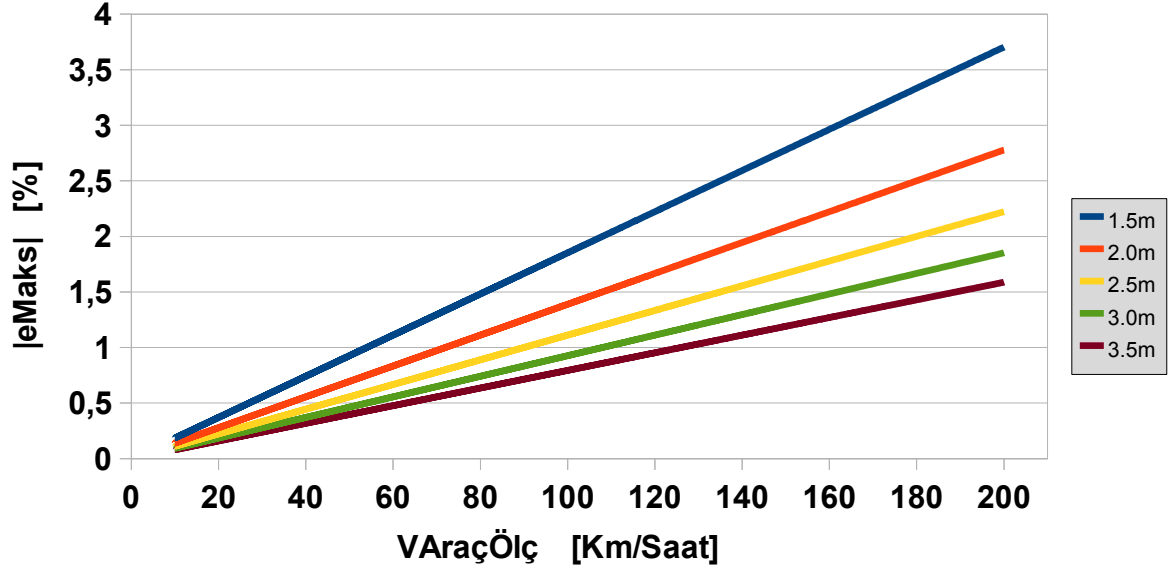


Şekil 4.3 Farklı T_{Alg} 'lar için, aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği

(2.15), (2.23) ve (2.24) denklemleri yardımıyla elde edilen Şekil 4.3'e göre, d ve $V_{AraçÖlç}$ sabitken T_{Alg} arttıkça $|e_{Maks}|$ da artmaktadır.

4.1.4 $|e_{Maks}|$ ve d Arasındaki Bağını ile İlgili Çözümleme Sonuçları

d , T_{Alg} ve k değişkenlerinin bilinmesi durumunda, (2.15) denklemi kullanılarak $V_{AraçÖlç}$ ve (2.23) ile (2.24) denklemleri kullanılarak da e_{Maks} hesaplanabilir. Şekil 4.4'te; $T_{Alg}=1ms$ ve $k=900$ 'den $k=45$ 'e kadar 1 azalım ile değişirken 5 farklı d değeri (1.5m, 2.0m, 2.5m, 3.0m, 3.5m) için hesaplanan $V_{AraçÖlç}$ ve $|e_{Maks}|$ değerleri gösterilmektedir. $V_{AraçÖlç}$ değerleri x ekseninde, $|e_{Maks}|$ değerleri ise y ekseninde verilmiştir.



Şekil 4.4 Farklı d 'ler için, aracın ölçülen hızı - en büyük ölçme hatası grafiği

(2.15), (2.23) ve (2.24) denklemleri yardımıyla elde edilen Şekil 4.4'e göre, T_{Alg} ve $V_{AraçÖlç}$ sabitken d arttıkça $|e_{Maks}|$ azalmaktadır.

4.2 Algılayıcının Benzetimi

4.2.1 $V_{Araç}$ ile İlgili Benzetim Sonuçları

Bu benzetimde $V_{Araç}$, 25Km/Saat ile 125Km/Saat arasında 5Km/Saat artımlarla değişecek şekilde seçilmiştir. Sabit tutulan değişkenler ise $x0_{Araç}=-1.5683m$, $T=20^{\circ}C$, $h=5m$, $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ şeklindedir. Böylece benzetim 21 farklı $V_{Araç}$ için koşturulmuştur. Diğer benzetim değişkenleri için Ek 1'e bakılabilir. Benzetime ait sonuçlar Çizelge 4.2'dedir.

Çizelge 4.2'deki verilere göre; benzetilen tüm hızlar için *Ölçme Hatası*'nın (e) mutlak değeri, *En Büyük Ölçme Hatası*'nın (e_{Maks}) mutlak değerinden küçük kalmaktadır.

Çizelge 4.2 Araç hızı, ölçme hatası ve hesaplanan veriler

$V_{Araç}[Km/Saat]$	k'	$V_{AraçÖlç}[Km/Saat]$	k	$ e [%]$	$ e \cdot k' \text{ Maks} [%]$
25	360	25	360	0	0.277775
30	300	30	300	0	0.333332
35	257.1430	34.8837	258	0.332227	0.389106
40	225	40	225	0	0.444444
45	200	45	200	0	0.500002
50	180	50	180	0	0.555559
55	163.6360	55.2147	163	0.39041	0.613497
60	150	60	150	0	0.666665
65	138.4620	64.7482	139	0.387385	0.724633
70	128.5710	70.3125	128	0.446429	0.781251
75	120	75	120	0	0.833329
80	112.5	80.3571	112	0.446424	0.892857
85	105.8820	84.9057	106	0.110985	0.952378
90	100	90	100	0	0.999997
95	94.7368	95.7447	95	0.277011	1.06383
100	90	100	90	0	1.11111
105	85.7143	104.6510	86	0.332227	1.17647
110	81.8182	109.7560	82	0.221731	1.23456
115	78.2609	115.3850	78	0.334446	1.28205
120	75	120	75	0	1.33333
125	72	125	72	0	1.38889

4.2.2 İstatistiksel Anlamlılık ile İlgili Benzetim Sonuçları

Bu benzetimde; algılayıcının yaptığı hız ölçümünün istatistiksel olarak anlamlılığını belirlemek amaçlanmıştır. Sabit tutulan değişkenler ise $V_{Araç}=80Km/Saat$, $T=20^{\circ}C$, $h=5m$, $d=2.5m$, $T_{Alg}=1ms$ şeklindedir. Diğer benzetim değişkenleri için Ek 1'e bakılabilir.

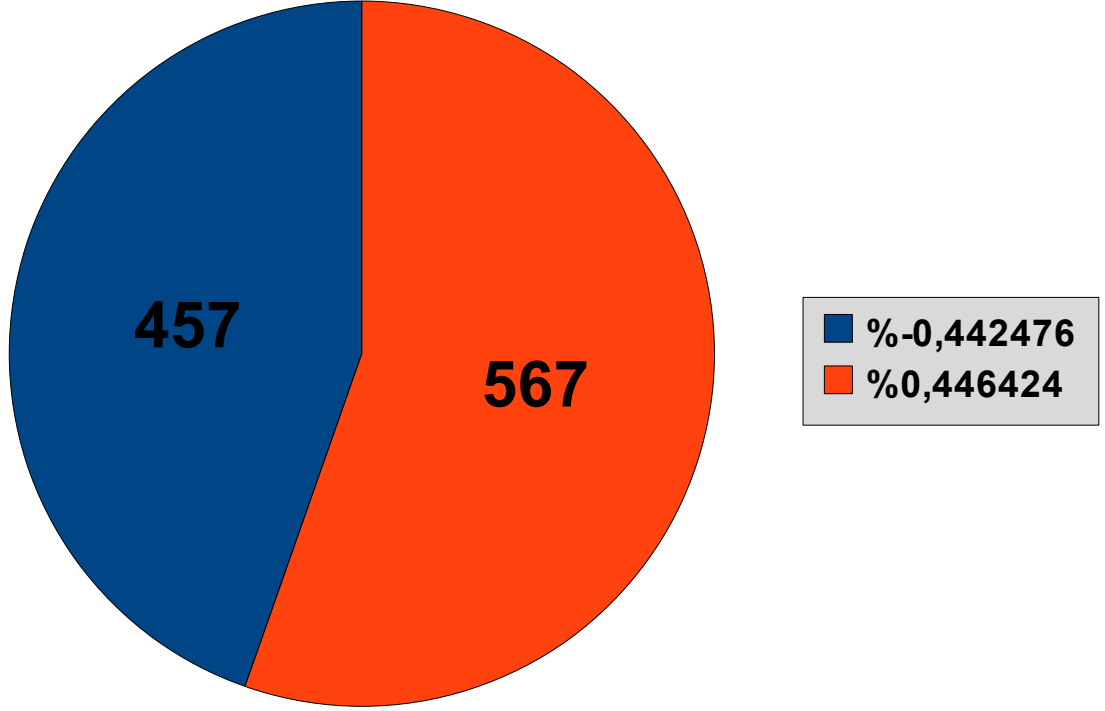
Öncelikle POSIX 1003.1-2004 standardında tanımlı “ $int \ rand_r(unsigned \ int* \ seed)$ ” fonksiyonu kullanılarak rastgele seçilmiş ve (4.1) eşitsizliğini sağlayan 1024 tane r sayısı belirlenmiştir.

$$0 \leq r < 1 \quad (4.1)$$

Aracın Konumundaki Rastgelelik (x_r) aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$x_r = 0.05 \cdot r \quad x_r: [m] \quad (4.2)$$

Aracın Başlangıç Konumu ($x0_{Araç}$), ilk atanan değere x_r eklenecek şekilde seçilmiştir. Böylece benzetim 1024 rastgele $x0_{Araç}$ için koşturulmuştur. Koşturulan 1024 tane benzetimden 457 tanesinde $e=-\%0.442476$ ($V_{AraçÖlç}=79.646\text{Km/Saat}$, $k=113$), 567 tanesinde $e=\%0.446424$ ($V_{AraçÖlç}=80.3571\text{Km/Saat}$, $k=112$) bulunmuştur.

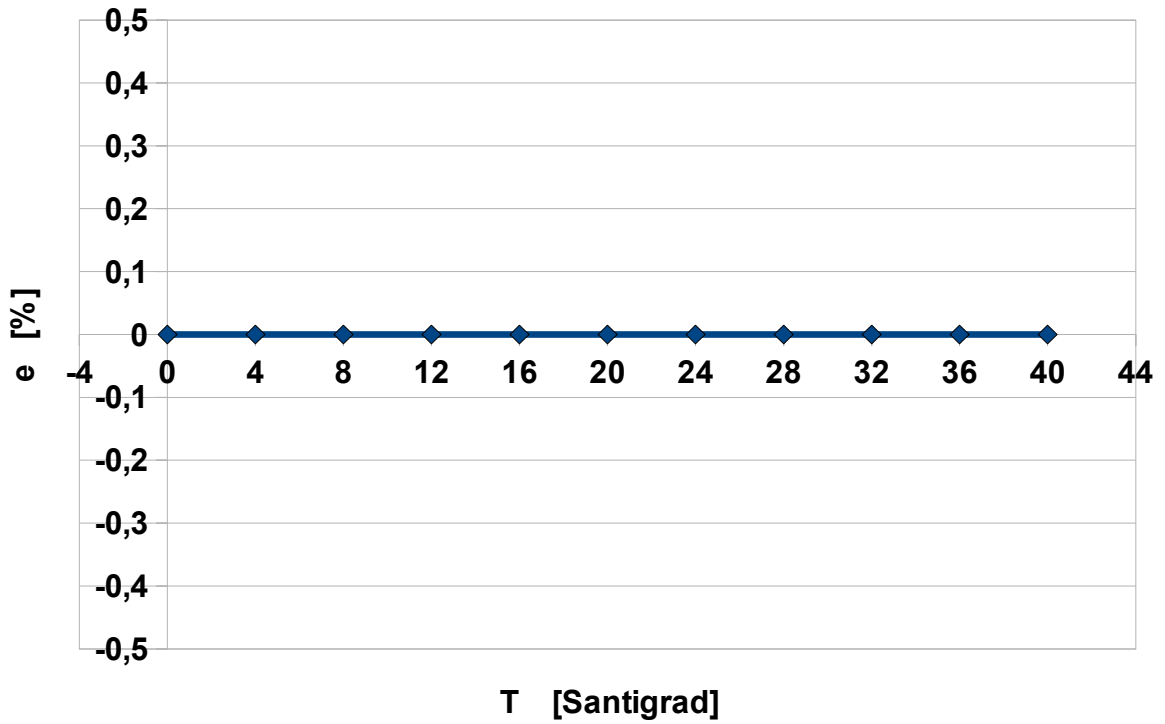


Şekil 4.5 Rastgele r sayısı - ölçme hatası grafiği

Böylece algılayıcının belirtilen koşullardaki benzetiminin *istatistiksel açıdan anlamlı* (*statistically significant*) [15] olduğu söylenebilir. Aynı durumu başka bir açıdan yorumlamak gerekirse, ilgili benzetimin *başlangıç durumuna hassas bağlı* [26] olmadığı söylenebilir.

4.2.3 T ile İlgili Benzetim Sonuçları

Bu benzetimde T , 0°C ile 40°C arasında 4°C artımlarla değişecek şekilde seçilmiştir. Sabit tutulan değişkenler ise $V_{Araç}=75\text{Km/Saat}$, $x0_{Araç}=-1.5683\text{m}$, $h=5\text{m}$, $d=2.5\text{m}$, $T_{Alg}=1\text{ms}$ şeklindedir. Böylece benzetim 11 farklı T için koşturulmuştur. Diğer benzetim değişkenleri için Ek 1'e bakılabilir. Benzetime ait sonuçlar Şekil 4.6'dadır.

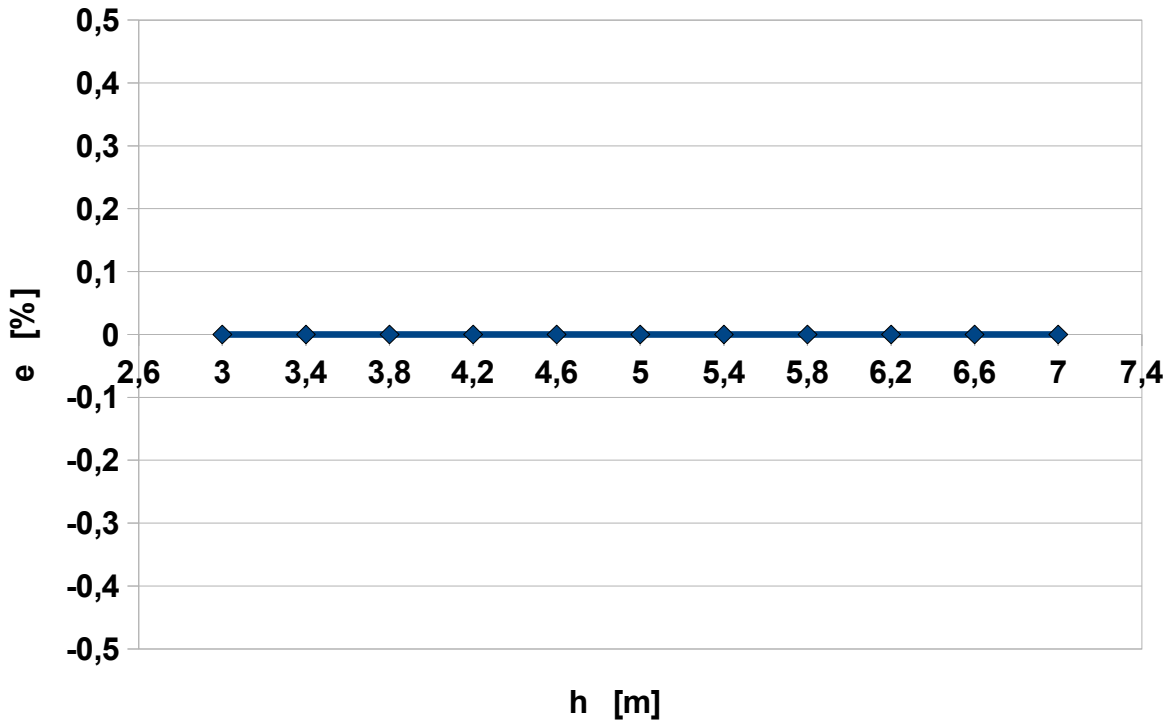


Şekil 4.6 Ortam sıcaklığı - ölçme hatası grafiği

Benzetim sonuçlarının Çizelge 4.1'deki veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.2.4 h ile İlgili Benzetim Sonuçları

Bu benzetimde h , 3m ile 7m arasında 0,4m artımlarla değişecek şekilde seçilmiştir. Sabit tutulan değişkenler ise $V_{Araç}=75\text{Km/Saat}$, $x0_{Araç}=-1.5683\text{m}$, $T=20^{\circ}\text{C}$, $d=2.5\text{m}$, $T_{Alg}=1\text{ms}$ şeklindedir. Böylece benzetim 11 farklı h için koşturulmuştur. Diğer benzetim değişkenleri için Ek 1'e bakılabilir. Benzetime ait sonuçlar Şekil 4.7'dedir.



Şekil 4.7 SAV1/SAV2'nin yerden yüksekliği - ölçme hatası grafiği

Benzetim sonuçlarının Çizelge 4.1'deki veriler ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.3 Karşılaştırma

Bu bölümde çeşitli hız algılayıcıların karşılaştırılması yapılmıştır. Azami ölçme hatası, ölçme aralığı, ölçme yöntemi ve montaj tipi verileri hız algılayıcıların teknik dokümanlarından elde edilmiştir. Tasarım karmaşıklığı ve maliyet verileri ise, algılayıcıların hız ölçmede kullandığı yöntem baz alınarak tahmini olarak verilmiştir. Çizelge 4.3'te; benzetimi yapılan sesüstü alıcı-verici temelli araç hızı algılayıcısının ölçme hatası, tasarım karmaşıklığı, ölçme yöntemi, montaj tipi ve tahmini maliyetlerine göre bazı ticari ve akademik hız algılayıcılarla karşılaştırılması gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 Hız algılayıcılarının karşılaştırılması

	<i>Azami Ölçme Hatası</i>	<i>Ölçme Aralığı</i>	<i>Tasarım Karmaşıklığı (Tahmini)</i>	<i>Ölçme Yöntemi</i>	<i>Montaj Tipi</i>	<i>Maliyet (Tahmini)</i>
Lazer [14]	$\pm \%0.5$	0-200 Mil/Saat	Yüksek (DSP, Lazer)	Pulsed Time of Flight	Metal konstruksiyon, direk vb.	Yüksek
Radar [29]	$-\%1$ $+\%0.5$	5-200 Mil/Saat	Yüksek (DSP, FFT)	Doppler	Metal konstruksiyon, direk vb.	Orta ~ Yüksek
Radar [8]	$\pm \% \sim 1$	0.5-300 Mil/Saat	Yüksek (DSP, FFT)	Doppler	Metal konstruksiyon, direk vb.	Orta ~ Yüksek
Fiber Optik [28]	-	-	Orta (DSP/MCU, Optik Fiber)	Sabit Mesafe, Zaman Farkı	Zemin altına gömülme	Orta
Video [30]	$\% \sim 10$	50-95 Km/Saat	Orta/Düşük (PC Yazılımı)	Sabit Mesafe, Zaman Farkı	Yok (Mevcut kamera sistemi üzerinde)	Düşük
Sesüstü	$\% \sim 1.4$	25-125 Km/Saat	Düşük (MCU, Sesüstü)	Sabit Mesafe, Zaman Farkı	Metal konstruksiyon, direk vb.	Düşük

4.4 Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

- Basit Tasarım: Hesaplama birimi olarak MCU ve algılayıcı olarak sesüstü tipindeki algılayıcılar kullanıldığı için tasarımı basittir.
- Düşük maliyet: Kullanılan malzemeler ve basit tasarımının sonucu olarak düşük maliyete sahiptir.
- Milli tasarım: Yazılımına yeni bir özellik eklenmesi veya tamir/bakım maliyeti düşüktür.

Dezavantajları:

- Konumlandırma: Mutlaka aracın geçiş doğrultusundan h yüksekliğe konumlandırılması gereklidir.
- Ölçme Hatası: Aracın hızı arttıkça ölçme hatası da artmaktadır.
- Araç Sınıflandırma: Aracın sınıfını (kamyon, otomobil vb.) belirleyemez.
- Motosikletlerin hızını algılayamaz.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Yapılan çözümler ve çalıştırılan benzetimler sonucundaki aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Sayısal modeline ait çözümler ve benzetimler gerçekleştirilen hız algılayıcısı, diğer algılayıcı türleri ile karşılaştırılabilir seviyedeki ölçme hatası ($\sim 1.4\%$) ve basit tasarım bileşenleri nedeniyle pratik olarak uygulanabilir bulunmuştur.
- Algılayıcının *Ölçme Hatası e* , tüm koşullarda *En Büyük Ölçme Hatası e_{Maks}* 'tan küçük kalmaktadır.
- Algılayıcının *Ölçme Hatası e* 'yi azaltmak için *SAV1-SAV2 Arasındaki Uzaklık d* artırılabilir.
- Algılayıcının *Ölçme Hatası e* 'yi azaltmak için *Partikül Algılama Periyodu T_{Alg}* azaltılabilir.
- Algılayıcının *Ölçme Hatası e* , ölçümü yapılan *Aracın Hızı $V_{Araç}$* arttıkça artmaktadır. Dolayısıyla pratik uygulamada algılayıcının hız ölçme aralığının bir maksimum değer ile sınırlandırılması gerekir.
- *SAV1/SAV2'nin Yerden Yüksekliği h* 'nin ve *Sıcaklık T* 'nin değişmesi, algılayıcının *Ölçme Hatası e* 'yi etkilemez.

5.2 Öneriler

Aşağıda sayısal modelleme/benzetim, algılayıcı ve uygulama ortamı ile ilgili iyileştirmeler ve öneriler sunulmuştur.

5.2.1 Modelleme/Benzetim ile İlgili Öneriler

- Sesüstü dalga modeli genlik bilgisini de içerecek şekilde daha detaylı ve daha gerçekçi

olarak gerçekleştirilebilir. Böylece gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir.

- Sesüstü dalganın yansıma modeli gerçeğe daha yakın şekilde modellenerek SAV1'in (SAV2'nin) yayınladığı sesüstü dalgaların SAV2'ye (SAV1'e) etkisi ve ölçüm sonuçlarında hataya sebep olup olmadığı benzetimle belirlenebilir.
- Mevcut aracın geometrik modellemesi gerçeğe daha yakın şekilde yapılabilir. Böylece gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir.
- Kamyonet, otobüs vb. farklı tip araçların modellemesi yapılarak benzetim bu araçlarla çalıştırılabilir. Böylece algılayıcının çeşitli araç tiplerindeki benzetim performansı belirlenebilir.
- Birbirini yakın olarak takip eden düşük hızdaki araçlar ile benzetim çalıştırılabilir. Böylece algılayıcının sıkışık trafikteki araçlar için benzetim performansı belirlenebilir.

5.2.2 Algılayıcı ile İlgili Öneriler

- Asfalt yol yüzeylerinde optik seraplara neden olabilen farklı sıcaklıktaki hava kütleleri, sesüstü dalgaların yayılmasında da özel durumların oluşmasına sebep olabilir [34]. Seraplara neden olabilecek sıcaklık farklılıklarının algılayıcının ölçme performansını etkileyip etkilemediği incelenebilir.
- Yüksek hızlı rüzgar ses dalgalarının atmosferdeki uzun mesafe yayılımını etkilemektedir [5]. Yüksek hızlı rüzgarlarda algılayıcının ölçme performansının değişip değişmediği incelenebilir.
- Aracın yükseklik ve uzunluk bilgisine bağlı olarak aracın sınıflandırması yapılabilir. Örneğin alçak ve kısa araçlar otomobil, orta yükseklikte ve orta uzunlukta araçlar kamyonet veya minibüs, yüksek ve uzun araçları kamyon veya tır olarak sınıflandırılacak şekilde algılayıcı yazılımı geliştirilebilir.
- Algılayıcı, büyük ölçekli bir trafik kontrol sistemi ile haberleşebilir. Bu amaçla algılayıcıya GSM modem veya altyapının uygun olduğu durumlarda TCP/IP donanımı eklenebilir.
- Algılayıcı, sıcaklık ve nem ölçer içerebilir. Böylece sıcaklık ve nem bilgisi birlikte ölçülebilir ve bu bilgi haberleşme donanımı ile bir merkeze aktarılabilir.
- Algılayıcının enerji ihtiyacını sağlayabilmek için güneş pilinden yararlanılabilir. Haberleşme amacıyla GSM modem kullanıldığı varsayılırsa, algılayıcı herhangi bir enerji veya haberleşme kablo altyapısına ihtiyaç duymadan tek başına çalışabilir.

5.2.3 Uygulama Ortamı ile İlgili Öneriler

- h 'yi sağlamak için otoyollardaki köprülerden, üst geçitlerden, yönlendirme işaretleri için hazırlanmış yapılardan vb. yararlanılabilir.
- d 'yi sabit tutabilmek ve algılayıcının montajını kolaylaştırmak amacıyla metal bir çubuktan yararlanılabilir. Bu durumda HB de bu metal çubuk üzerine konumlandırılabilir. Böylece algılayıcının mukavemeti de artırılmış olur.

KAYNAKLAR

-
- [1] Arel, E. ve Kiper, B., (2000), “Değirmendere (Kocaeli), 17 Ağustos 1999 Depremi ile Oluşan Kıyı Heyelanı”, III. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Ekim 2000, Çanakkale
- [2] Babacan, A. E., Aksoy, H. ve Gelişli, K., (2012), “Kayaçların Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özelliklerinin Ultrasonik Hız Tekniği ve Zaman-Frekans Analiziyle Belirlenmesi: Bej Kireçtaşları (KD Türkiye) Üzerine Bir Çalışma”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 36 (1)
- [3] Babbitt, (2003), “ABM Series Ultrasonic Level Transmitters”, Babbitt International Inc, P.O. Box 70094, Houston, Texas 77270, USA, www.babbittlevel.com, 17 Aralık 2013
- [4] Bohn, D. A., (1988), “Enviromental Effects on the Speed of Sound”, J. Audio Eng. Soc., 1988 April, 36 (4)
- [5] Calvert, J. B., (2003), “Sound Waves”, Dr. James B. Calvert, Associate Professor Emeritus of Engineering, University of Denver, Registered Professional Engineer, State of Colorado, No:12317 <http://mysite.du.edu/~jcalvert/waves/soundwav.htm>, 17 Aralık 2013
- [6] Çayırpunar, Ö., (2005), “Ultrasonik Uzaklık Sensörü Yapımı”, Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2005
- [7] El-sherbiny, S. M., Saad, E.M. ve El-dosoky, M. A.A., (2003), “Use of Continuous Wave Ultrasound in Tomography”, Twentieth National Radio Science Conference, March 2003, Cairo, Egypt
- [8] GMH, (2006), “Delta Speed Sensor DRS1000”, GMH Engineering, 336 Mountain Way Drive, Orem, UT 84058, USA, <http://www.gmheng.com> , 17 Aralık 2013
- [9] Gudra, T. ve Opielinski, K. J., (2003), “Ultrasonic Transducers Working In The Air with The Continuous Wave Within The 50-500kHz Frequency Range”, Institute of Telecommunications and Acoustics, Wroclaw University of Technology, Wybrzeze Wyspianskiego 27, 50-370, Wroclaw Poland
- [10] Haar, G., (2012), The Safe Use of Ultrasound in Medical Diagnosis, 3rd Edition, ISBN: 978-0-905749-2 (e-Book)

- [11] Han, D. ve Park, S., (2011), “Measurement Range Expansion of Continuous Wave Ultrasonic Anemometer”, Elsevier Measurement Journals 2011, Measurement 44 :1904-1914, www.elsevier.com/locate/measurement, 17 Aralık 2013
- [12] Kumcuoğlu, S., Yılmaz, T. ve Tavman, Ş., (2011), “Salça Üretim Atıklarından Ultrason Destekli Ekstraksiyon İşlemiyle Likopen Ekstraksiyonu”, Akademik Gıda 9 (5) : 23-28
- [13] Kutay, M. A., Tanyer, S. G., Tüfekçi, D. İ. ve Yetginer, E., (2010), “Elektronik Harp – Test ve Değerlendirme Altyapıları 1”, UEKAE Dergisi Cilt 2 Sayı 2
- [14] LaserTech, (2012), “TruCAM Video Laser Hardware Specifications”, Laser Technologies Incorporated, 7070 South Tucson Way, Centennial, Colorado 80112 USA, <http://www.lasertech.com>, 17 Aralık 2013
- [15] Levman, J., (2011), “A Statistical Significance Simulation Study for General Scientist”, Sunnybrook Research Institute, University of Toronto, Toronto, ON, Canada
- [16] Lobur, M. ve Darnoby, Y., (2011), “Car Speed Measurement Based On Ultrasonic Doppler's Ground Speed Sensors”, CADSM'2011, February 2011, Polyana- Svalyava (Zakarpattya), Ukraine
- [17] Migatron, (1997), “RPS-100 Product Specification”, Migatron Corporation, 935 Dieckman Rd., Woodstock, IL 60098, USA, www.migatron.com, 17 Aralık 2013
- [18] Miller, J. G., Clark, R. E., Conradi, M. S., Ditez, D. R. ve Heyman, J. S., (1977), “Ultrasonic Continuous Wave Particle Monitor”, United States Patent 4,015,464, April 5 1977, Application No 551913
- [19] Nave, C. R., (2001), “Speed of Sound In Air”, Georgia State University – Department of Physics and Astronomy, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/souspe.html#c1>, 17 Aralık 2013
- [20] OMC, (2001), “OMC Technical Brief – Ultrasonic Distance Sensor”, Optical Metrology Centre, Norfolk House 1 Grange Road, Bishop's Stortford, Hertfordshire, UK, www.optical-metrology-centre.com, 17 Aralık 2013
- [21] Padmanabhan, K., (2008), “Microcontroller-Based Ultrasonic Distance Meter”, Electronics For You Magazine, February 2008, www.efymag.com, 17 Aralık 2013
- [22] Palma, L. P., (2008), “Ultrasonic Distance Measurer Implemented with the MC9RS08KA2”, Freescale Semiconductor Application Note, Document Number AN3481 Rev0, 02/2008
- [23] Parallax, (2006), “(PING))) Ultrasonic Distance Sensor (#28015)”, Parallax Inc, 599 Menlo Drive, Suite 100 Rocklin, California 95765 USA, www.parallax.com, 17 Aralık 2013

- [24] Prowave, (2005), “400ET/R180 Air Ultrasonic Ceramic Transducers”, Pro-Wave Electronics Corporation, 3F., No.4, Ln. 348, Sec. 2, Zhongshan Rd., Zhonghe Dist., New Taipei City 235, Taiwan, <http://www.pro-wave.com.tw>, 17 Aralık 2013
- [25] Raju, M., (2001), “Ultrasonic Distance Measurement with MSP430”, Texas Instruments Application Report SLAA136A – October 2001
- [26] Ruelle, D., (1991), Chance and Chaos, Princeton University Press, ISBN 0-691-08574-9
- [27] Se-yuen, M., (2003), “Wave Experiments Using Low-Cost 40KHz Ultrasonic Transducers”, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, NT, Hong Kong SAR
- [28] Sensor Line, (2012), “SPZ Fiber Optic Traffic Sensor Product Description”, Sensor Line Gmbh, Carl-Poellath-Str. 19, D-86259 Schrobenhausen Germany, <http://www.sensorline.de>, 17 Aralık 2013
- [29] Stalker, (2006), “Stalker Radar Traffic Speed Sensor General Specifications”, Stalker Applied Concepts Incorporated, 2609 Technology Drive, Plano Texas, 75074-7467, <http://www.stalkerradar.com>, 17 Aralık 2013
- [30] Şahin, Ö., (2004), Hız Denetiminde Otomatik Video-Radar Sistemlerinin Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [31] Tschieg, C. E., Greenspan, M. ve Eitzen, D. G., (1982), “Ultrasonic Continuous-Wave Beam-Power Measurements; International Intercomparison”, Journal of Research of the National Bureau of Standards, 88 (2), March-April 1983
- [32] Ultran, (2013), “Modern Ultrasonic Transducers”, Ultran Laboratories Inc., 1020 E. Boal Avenue, Boalsburg, PA, 16827 USA
- [33] Uyanık, O., Gülay, F. G. ve Tezcan, S., (2012), “Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini”, Hazır Beton Dergisi Ocak-Şubat 2012
- [34] Young, A. T., (2012), “An Introduction to Mirages”, San Diego State University, Department of Astronomy, Mount Laguna Observatory <http://mintaka.sdsu.edu/GF/mirages/mirintro.html>, 17 Aralık 2013

GİRİŞ VE ÇIKIŞ DOSYALARI

A-1 *ilklendirme.txt*: Örnek Bir İlklendirme Dosyası

//Degisken Adi	{Tipi} = Degeri
//-----	-----
BENZ_ADIM_ARALIGI	{F} = 0.0078125 //benzetim adım aralığı [ms]
BENZ_T	{F} = 20.0 //T: sıcaklık [°C]
BENZ_ORNEK_SAYISI	{U} = 4 //çoklu benzetim sayısı
BENZ_MAKS_RASGELE_SAYI	{U} = 65536 //rastgele sayı üretimde kullanılır
BENZ_DOSYA_YAZDIRMA_AKTIF	{U} = 1 //sonuçları dosyaya yazdırma özelliği
BENZ_KONSOL_YAZDIRMA_AKTIF	{U} = 0 //sonuçları konsola yazdırma özelliği
//	
ARAC_DOSYA_YOLU	{S} = otomobil.txt //geometrik model dosyası
ARAC_VArac	{F} = 75 //V _{Araç} : aracın hızı [Km/Saat]
ARAC_otoBekleme	{U} = 1 //otomatik bekleme özelliği
ARAC_otoKonumlandirma	{U} = 1 //otomatik konumlandırma özelliği
//	
ALG_d	{F} = 2.5 //d: SAV1-SAV2 arasındaki uzaklık [m]
ALG_h	{F} = 5.0 //h: SAV1/SAV2'nin yerden yüksekliği[m]
ALG_KONUM_X	{F} = 0.0 //HB'nin x konumu [m]
ALG_huzmeAcisi	{F} = 5.0 //SAV hüzme açısı [°]
ALG_dogrultuSayisi	{U} = 13 //SAV doğrultu sayısı
ALG_tDalgaYay	{F} = 0.25 //T _{Yay} : partikül yayınlama periyodu [ms]
ALG_tDalgaAlg	{F} = 1.0 //T _{Alg} : partikül algılama periyodu [ms]
ALG_nDalgaAlgAGS	{U} = 13 //N _{AGS} : AGS denklemi payda katsayısı
ALG_algYuksekEsikCarpani	{F} = 1.03 //k _{Yuksek} : yüksek eşik katsayısı
ALG_algDusukEsikCarpani	{F} = 0.93 //k _{Dusuk} : düşük eşik katsayısı
//	
GOST_AKTIF	{U} = 0 //grafiksel gösterim özelliği
GOST_MIN_X	{F} = -7 //grafik pencere minimum x koordinatı [m]
GOST_MAKS_X	{F} = 7 //grafik pencere maksimum x koordinatı [m]
GOST_MIN_Y	{F} = -1 //grafik pencere minimum y koordinatı [m]
GOST_MAKS_Y	{F} = 8 //grafik pencere maksimum y koordinatı [m]

A-2 otomobil.txt: Örnek Bir Araç Dosyası

UCGEN -0.00f,0.30f -0.00f,1.05f -3.75f,0.30f //üçgenin (x_1,y_1) (x_2,y_2) (x_3,y_3) noktaları
UCGEN -0.00f,1.05f -3.75f,1.05f -3.75f,0.30f
UCGEN -1.50f,1.05f -1.50f,1.60f -3.00f,1.05f
UCGEN -1.50f,1.60f -3.00f,1.60f -3.00f,1.05f
DAIRE -1.0f,0.4f 0.4f //dairenin merkezi (x,y) ve yarıçapı r
DAIRE -3.0f,0.4f 0.4f

A-3 sonuc.txt_2: Örnek Bir Sonuç Dosyasının Bir Bölümü

39161 305.945 4.39633 52 nan 42 nan
39162 305.953 4.3965 52 nan 42 nan
39163 305.961 4.39667 52 nan 42 nan
39164 305.969 4.39684 52 nan 42 nan
39165 305.977 4.39701 52 nan 42 nan
39166 305.984 4.39718 52 nan 42 nan
39167 305.992 4.39735 52 nan 42 nan
39168 306 4.39751 52 0 41 0
39169 306.008 4.39768 52 nan 41 nan
39170 306.016 4.39785 52 nan 41 nan

//bir satırda boşluk ile ayrılmış 7 eleman bulunmaktadır:

//1.eleman: benzetim adımı

//2.eleman: benzetim zamanı [ms]

//3.eleman: aracın x konumu [m]

//4.eleman: (p_{OrtAlg}) SAV1'de algılanan ortalama partikül sayısı [1/ms]

//5.eleman: (S_{OrtAlg}) SAV1'de algılanan ortalama partikül seviyesi [1/ms]

//6.eleman: (p_{OrtAlg}) SAV2'de algılanan ortalama partikül sayısı [1/ms]

//7.eleman: (S_{OrtAlg}) SAV2'de algılanan ortalama partikül seviyesi [1/ms]

A-4 sonuc.txt: Örnek Bir Toplu Sonuç Dosyası

$V_{AracOlcOrt} = 77.5862 \text{ Km/Saat}$ //çoklu benzetimlerdeki ortalama $V_{AraçÖlç}$
 $e_{AracOlcOrt} = -0.146451 \text{ [%]}$ //ölçme hatası

$V_{AracOlc}[0] = 77.5862 \text{ Km/Saat}$ //0. benzetim sonucundaki $V_{AraçÖlç}$

$V_{AracOlc}[1] = 77.5862 \text{ Km/Saat}$ //1. benzetim sonucundaki $V_{AraçÖlç}$

$V_{AracOlc}[2] = 77.5862 \text{ Km/Saat}$ //2. benzetim sonucundaki $V_{AraçÖlç}$

$V_{AracOlc}[3] = 77.5862 \text{ Km/Saat}$ //3. benzetim sonucundaki $V_{AraçÖlç}$

A-5 konsol.txt: Örnek Konsol Çıktısı

ADIM[]	ZAMAN[ms]	ARAC_KONUM_X[m]
	SAV1algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV1algOrtPartikulSeviyesi[]
	SAV2algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV2algOrtPartikulSeviyesi[]

0 0 -1.5772 0 nan 0 nan
ornek# = 0[] //çoklu benzetim örnek sayısı
r = 0.177994[] //r rastgele sayısı
tGitGel = 29.1206[ms] //sesüstü dalganın yerden yansıma için geçen süre
Vses = 343.4[m/s] //ses hızı
algOrtPartikulSayisi = 52[] //algılanan ortalama partikül sayısı
algYuksekEsikPartikulSayisi = 53.56[] //algılanan ortalama partikül sayısı için yüksek eşik
algDusukEsikPartikulSayisi = 48.36[] //algılanan ortalama partikül sayısı için düşük eşik
xArac(t=0) = -1.5772[m] //aracın başlangıçtaki (t=0) konumu
VArac = 77.7[Km/Saat] //aracın hızı
CalismaZamani = 734[s] //benzetimin çalışma süresi (duvar saati zamanı-wall clock time)
BenzetimAdimi = 39425[] //toplam benzetim adımı
BenzetimZamani = 308.008[ms] //benzetilen çalışma süresi
sav1SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms] //t_{SAV1Yaklaşma}
sav2SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms] //t_{SAV2Yaklaşma}
yaklasmaHizi = 0[Km/Saat] //t_{Yaklaşma} kullanılarak hesaplanan araç hızı
sav1SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 192[ms] //t_{SAV1Uzaklaşma}
sav2SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 308[ms] //t_{SAV2Uzaklaşma}
uzaklasmaHizi = 77.5862[Km/Saat] //t_{Uzaklaşma} kullanılarak hesaplanan araç hızı
tAracOlc = 116[ms] //t_{SAV1-SAV2}
VAracOlc = 77.5862[Km/Saat] //V_{AraçÖlç}
eOlc = -0.146451[%] //e ölçme hatası

ADIM[]	ZAMAN[ms]	ARAC_KONUM_X[m]
	SAV1algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV1algOrtPartikulSeviyesi[]
	SAV2algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV2algOrtPartikulSeviyesi[]

0 0 -1.57089 0 nan 0 nan
ornek# = 1[]
r = 0.051651[]
tGitGel = 29.1206[ms]
Vses = 343.4[m/s]
algOrtPartikulSayisi = 52[]
algYuksekEsikPartikulSayisi = 53.56[]
algDusukEsikPartikulSayisi = 48.36[]
xArac(t=0) = -1.57089[m]
VArac = 77.7[Km/Saat]
CalismaZamani = 716[s]
BenzetimAdimi = 39425[]
BenzetimZamani = 308.008[ms]
sav1SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]
sav2SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]
yaklasmaHizi = 0[Km/Saat]
sav1SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 192[ms]
sav2SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 308[ms]

uzaklasmaHizi = 77.5862[Km/Saat]
tAracOlc = 116[ms]
VAracOlc = 77.5862[Km/Saat]
eOlc = -0.146451[%]

ADIM[]	ZAMAN[ms]	ARAC_KONUM_X[m]
	SAV1algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV1algOrtPartikulSeviyesi[]
	SAV2algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV2algOrtPartikulSeviyesi[]

0 0 -1.57776 0 nan 0 nan
ornek# = 2[]
r = 0.189056[]
tGitGel = 29.1206[ms]
Vses = 343.4[m/s]
algOrtPartikulSayisi = 52[]
algYuksekEsikPartikulSayisi = 53.56[]
algDusukEsikPartikulSayisi = 48.36[]
xArac(t=0) = -1.57776[m]
VArac = 77.7[Km/Saat]
CalismaZamani = 717[s]
BenzetimAdimi = 39425[]
BenzetimZamani = 308.008[ms]
sav1SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]
sav2SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]
yaklasmaHizi = 0[Km/Saat]
sav1SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 192[ms]
sav2SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 308[ms]
uzaklasmaHizi = 77.5862[Km/Saat]
tAracOlc = 116[ms]
VAracOlc = 77.5862[Km/Saat]
eOlc = -0.146451[%]

ADIM[]	ZAMAN[ms]	ARAC_KONUM_X[m]
	SAV1algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV1algOrtPartikulSeviyesi[]
	SAV2algOrtPartikulSayisi[1/ms]	SAV2algOrtPartikulSeviyesi[]

0 0 -1.57984 0 nan 0 nan
ornek# = 3[]
r = 0.230667[]
tGitGel = 29.1206[ms]
Vses = 343.4[m/s]
algOrtPartikulSayisi = 52[]
algYuksekEsikPartikulSayisi = 53.56[]
algDusukEsikPartikulSayisi = 48.36[]
xArac(t=0) = -1.57984[m]
VArac = 77.7[Km/Saat]
CalismaZamani = 731[s]
BenzetimAdimi = 39425[]
BenzetimZamani = 308.008[ms]
sav1SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]
sav2SeviyeArtmaZamanEtiketi = 0[ms]

yaklasmaHizi = 0[Km/Saat]
sav1SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 192[ms]
sav2SeviyeAzalmaZamanEtiketi = 308[ms]
uzaklasmaHizi = 77.5862[Km/Saat]
tAracOlc = 116[ms]
VAracOlc = 77.5862[Km/Saat]
eOlc = -0.146451[%]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İbrahim Emre İKİZLER
Doğum Tarihi ve Yeri : 30.11.1982 , Lüleburgaz
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : emre_ikizler@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Yıl	Okul
Lisans Fakültesi	2000-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Lise	1993-2000	Lüleburgaz Anadolu Lisesi