

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRME ENGELLİLER İÇİN**  
**SES İLE GÖRME**

**Nihat Erim İNCEOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**GEBZE**

**2006**

T.C.  
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRME ENGELLİLER İÇİN  
SES İLE GÖRME

Nihat Erim İNCEOĞLU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

GEBZE  
2006

## ÖZET

**TEZ BAŞLIĞI: Görme Engelliler İçin Ses İle Görme**

**YAZAR ADI: Nihat Erim İNCEOĞLU**

Bu tez çalışmasının amacı, görme engelli kişiler için etraftaki anlık olan biteni görmek, engellilerin algılamasında yardımcı olmak için bir sistem tasarlamak, bu sistemin görme engelli kişiler üzerindeki etkilerini araştırmak ve sistemi en iyi hale getirmektir.

Sinirbilimciler tarafından uzun araştırmalar sonucu görüntünün sese aktarılması ve bunun insan beyni tarafından algılanması fikrine değişik açıdan yaklaşılmış ve ortak nokta olarak tüm bu çalışmaların beyinde yeni öğrenme süreçlerini başlattığı fikri kabul edilmiştir. Sinir bilimcilere göre, vücuttaki tüm sinir hücreleri spesifik görevleri üstlenmiş degillerdir. Görme ile ilgili bir sinir hücresinin sol kolu hareket ettirmek için görevlendirilmesi ve bu göreve alışması mümkündür. Önemli olan, en kısa sürede uyum sağlayacak ve insan doğası ile örtüşebilecek bir sistemin tasarlanmasıdır. Bu sistem, bu tez çalışmasında tasarlanmış ve deneylerle sistemin yararlı olabileceği konusunda sonuçlara ulaşılmıştır.

## **SUMMARY**

**TITLE OF THE THESIS: Realtime Sensory Substitution For Blind**

**AUTHOR: : Nihat erim İNCEOĞLU**

This thesis' aim is to develop a system which can help blind people to perceive objects around our environment, research whether this system is effective or not and work on system to obtain a well formed one.

Image to sound mapping and perceived by human brain researches were approached with different ideas by neuroscientists and all of them thought these researches could initiate new cognitive processes. According to neuroscientists, any neurones don't undertake a specific job. Charging a neuron with a moving a left arm and their being used to these job possible. What important is developing a system which can be fit with human nature in a short time. This system has been developed for this thesis and some conclusions have been obtained by the experiments.

## TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlamama başlamamdan tezimin bitimine kadarki süreçte bana yol gösteren, yakından ilgilenen ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Y.Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK'E, tezi hazırlamam için gerekli olan tüm bilgi birikimimi ve tecrübemi üst seviyelere çıkarmamı sağlayan eğitime gönül vermiş tüm GYTE Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nün değerli hocalarına, eğitimim boyunca birlikte ders çalışarak bana çok fazla katkıları olan değerli arkadaşlarım Sami, Serhat, Alper ve Kaan'a sonsuz teşekkürlerimi, saygı ve sevgilerimi sunarım. Ayrıca tezi hazırlamamda bana yüksek motivasyon ve güven kaynağı olan ve her anımda büyük bir sabırla yanımda olup desteğini esirgemeyen değerli eşime, eğitimime en büyük katkıyı sağlayan ve benim bu aşamaya kadar gelmemde bana yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi, saygı ve sevgilerimi sunarım.

**Haziran, 2006**

**Nihat Erim INCEOGLU**

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|                                                | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------|---------------------|
| ÖZET                                           | iv                  |
| SUMMARY                                        | v                   |
| TEŞEKKÜR                                       | vi                  |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ                             | vii                 |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                | ix                  |
| TABLolar DİZİNİ                                | xi                  |
| <br>                                           |                     |
| 1. GİRİŞ                                       | 1                   |
| 2. RESİMLERİN SES İLE ÖRTÜŞMESİ                | 6                   |
| 3. GÖRÜNTÜ SES PARAMETRELERİ                   | 8                   |
| 3.1. Pikselx Parametresi                       | 8                   |
| 3.2. Piksely Parametresi                       | 9                   |
| 3.3. Pikselışık Şiddeti                        | 11                  |
| 4. SES DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARININ TANIMLANMASI   | 12                  |
| 4.1.Tarama Şekilleri                           | 13                  |
| 4.1.1. Soldan Sağa Tarama                      | 14                  |
| 4.1.2. Merkezden Sağa Ve Merkezden Sola Tarama | 17                  |
| 4.1.3. Eş Zamanlı Tarama                       | 19                  |
| 5. STEREO GÖRÜNTÜ TEKNİĞİ                      | 21                  |
| 6. GÖRME SİSTEMİ                               | 22                  |
| 6.1. Genel Tanım                               | 22                  |
| 6.2. Donanım Profili                           | 23                  |
| 6.3. Yazılım Profili                           | 23                  |
| 6.3.1. Programda Ses Üretme Çeşitleri          | 24                  |
| 6.3.2. Sistem Blok Diyagramı                   | 27                  |
| 6.4. Resimlerin Ses Tasvir Yöntemi             | 38                  |
| 6.5. Görme Sisteminde Ses Üretme Tekniği       | 49                  |
| 6.5.1 Wav (Riff Data) Ses Formatı              | 50                  |
| 6.5.2 Projede Ses Sinyallerinin Üretilmesi     | 52                  |
| 7. DENEY                                       | 54                  |
| 7.1.Amaç                                       | 54                  |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 7.2. Deneyin Yapılışı                 | 54 |
| 7.2.1.Sistem Tanıma Testi             | 55 |
| 7.2.2.Sabit Resim Algılama Testi      | 57 |
| 7.2.3.Kamera Görüntüsü Algılama Testi | 60 |
| 7.2.4.Deney Sonu Sorular              | 61 |
| 7.3. Gönüllülerle Yapılan Çalışmalar  | 61 |
| 7.4. Deney Sonuçları                  | 74 |
| 8. SONUÇ                              | 78 |
| 9. ÖNERİLER                           | 79 |
| KAYNAKLAR                             | 80 |
| ÖZGEÇMİŞ                              | 82 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <b><u>Sekil</u></b>                                                   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1.1. Sonic eye sistemi, yürüme ve okuma                               | 2                   |
| 1.2. Brain implant sistemi                                            | 3                   |
| 1.3. Alındaki titreşimlerle algılama                                  | 3                   |
| 1.4. Dildeki titreşimlerle algılama                                   | 4                   |
| 1.5. Sol lingual gyrus mr sinyalleri                                  | 4                   |
| 2.1. Resim bilgisinin ses sinyallerine dönüştürülmesinin temeli       | 6                   |
| 2.2. Görme sisteminin temel çalışma prensibi                          | 7                   |
| 3.1. Lineer ve eksponansiyel frekans değişim aralığı                  | 11                  |
| 4.1. Soldan sağa sütunların taranması tasviri                         | 15                  |
| 4.2. Merkezden sola ve sağa tarama tasviri                            | 17                  |
| 4.3. Eş zamanlı tarama tasviri                                        | 19                  |
| 6.1. Görme sisteminin kullanımı                                       | 23                  |
| 6.2. Sistemin yazılım arayüzü                                         | 24                  |
| 6.3. Ses üretme seçeneği                                              | 25                  |
| 6.4. Resim okuma seçeneği                                             | 26                  |
| 6.5. Kamera okuma seçeneği                                            | 26                  |
| 6.6. Sistem-blok diyagramı                                            | 27                  |
| 6.7. Piksel kaynağına göre hampiksel matrisini hazırlama İşleme       | 29                  |
| 6.8. Canny edge algoritması ile Objenin Hatlarının Ortaya Çıkarılması | 30                  |
| 6.9. Noise reduction ile resimdeki kirliliğin azaltılması             | 31                  |
| 6.10. Ses sinyali üretici blok diyagramı                              | 31                  |
| 6.11. İki farklı sinyalin toplanarak yeni bir sinyal oluşturulması    | 33                  |
| 6.12. Dönüşüm fonksiyonu sistemi blok diyagramı                       | 35                  |
| 6.13. Sütun dönüşüm fonksiyonu blok diyagramı                         | 36                  |
| 6.14. Piksel dönüşüm fonksiyonu blok diyagramı                        | 37                  |
| 6.15. Pikselin ses dönüşümde frekans tayini                           | 37                  |
| 6.16. Pikselin ses dönüşümde kanal çıkış katsayısı tayini             | 37                  |
| 6.17. Soldan sağa lineer artan ses tasviri                            | 41                  |
| 6.18. Frekansı sabit tutulmuş soldan sağa ses                         | 42                  |
| 6.19. Soldan sağa değişmeyen çift ses                                 | 43                  |
| 6.20. Soldan sağa dikey üç adet ses                                   | 44                  |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 6.21. Soldan merkeze artan, merkezden sağa azalan ses            | 46 |
| 6.22. Sol kanal, yüksek frekans                                  | 47 |
| 6.23. Sol kanal-orta frekans ses ve sağ kanal-yüksek frekans ses | 48 |
| 6.24. Soldan sağa basamaklanarak azalan ses                      | 48 |
| 7.1. Lineer artan çizgi                                          | 56 |
| 7.2. Paralel yatay iki çizgi                                     | 57 |
| 7.3. Üç adet dikey çizgi                                         | 57 |
| 7.4. Artan ve azalan çizgi                                       | 58 |
| 7.5. Sol Alt ve Sol Üstte İki Objeye                             | 58 |
| 7.6. Hareket eden bir obje                                       | 58 |
| 7.7. Hareket eden iki obje                                       | 58 |
| 7.8. Büyükten küçüğe sıralı objeler                              | 58 |
| 7.9. Kamerada düz çizgi                                          | 60 |
| 7.10. Kamerada Biri sağda diğeri solda iki obje                  | 60 |
| 7.11. Kamerada Ortada çember                                     | 60 |
| 7.12. Büyükten küçüğe sıralı objeler                             | 60 |
| 7.13. Hareketli nokta                                            | 60 |
| 7.14. Gönüllüler ile kamera ile çalışma örneği                   | 62 |
| 7.15. Gönüllü#1 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 63 |
| 7.16. Gönüllü#2 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 64 |
| 7.17. Gönüllü#3 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 65 |
| 7.18. Gönüllü#4 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 66 |
| 7.19. Gönüllü#5 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 67 |
| 7.20. Gönüllü#6 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 68 |
| 7.21. Gönüllü#7 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 69 |
| 7.22. Gönüllü#8 ile yapılan deneylerin sonuç kağıdı              | 70 |
| 7.23. Soldan sağa tarama deney sonuçları                         | 71 |
| 7.24. Merkezden tarama deney sonuçları                           | 72 |
| 7.25. Eşzamanlı tarama deney sonuçları                           | 73 |
| 7.26. Tüm Taramaların Deney Sonuçları Karşılaştırması            | 75 |

## TABLÖLAR DİZİNİ

| <b><u>Tablo</u></b>                                            | <b><u>Sayfa</u></b> |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|
| 6.1. Wav formatının yapısı                                     | 50                  |
| 6.2. Wav Verisinin Gösterimi                                   | 52                  |
| 7.1. Resimlerden Objelerin Algılanma Sonuçları                 | 58                  |
| 7.2. Kameradan Objelerin Algılanma Sonuçları                   | 60                  |
| 7.3. Deney sonu sorulan sorular                                | 61                  |
| 7.4. Soldan sağa taramaya göre elde edilen sonuçlar            | 71                  |
| 7.5. Merkezden taramaya göre elde edilen sonuçlar              | 72                  |
| 7.6. Eşzamanlı taramaya göre elde edilen sonuçlar              | 73                  |
| 7.7. Gönüllülerin Taramalara Ve Şekillere Göre Genel Sonuçları | 74                  |

# 1.GİRİŞ

Çevremizdeki objelerin görme engelli kişilerin farkına varabilmesi, en azından yerlerini tespit edebilmeleri için şimdiye kadar bir çok çalışma vardır. Tüm çalışmalar, görme hücreleri yetersiz çalışan ya da hiç çalışmayan bireylerin, görme hücrelerinin işlevini devralacak ve beyne görme hücresi gibi hizmet edecek yeni algılama yöntemleri çerçevesinde gelişmektedir. En son üzerinde durulan ve iyi sonuçlar vereceği düşünülen konu ise çevremizdeki görüntüyü sese çevirerek görme engelli kişilere çevrelerindeki algılatmak, bilgi vermek için yapılan çalışmalardır.

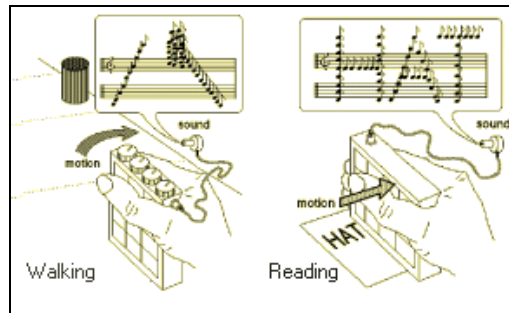
Görüntüyü sese çevirerek objelerin algılanması konusu “seeingwithsound.com” web sitesinde bu tür çalışmalar yakından takip edilmekte, bu tür çalışmalar yapan ve yapmayı düşünen kişilere yardımcı ve geniş görüşlülük kazandırıcı öğeler içermektedir.

Yapılan çalışmalardan söz etmek gerekirse, en önemli çalışmalardan biri Meijer’in , “Ohh I See” sloganıyla sunduğu vOICe projesidir [4]. Bu projede görüntü, bir kamera ile bilgisayar ortamına taşınmakta ve her saniye içinde bir resim taranarak sese dönüştürülmektedir. Bu proje için geliştirilen arayüz yazılımı, resmi sürekli soldan sağa tarayarak ses sinyalleri oluşturmakta ve objelerin resimdeki dağılımına göre ses üretmektedir. Sol taraftaki objeler ses sinyallerine dönüştürülürken sol kanaldan, sağ taraftaki objeler ses sinyallerine dönüştürülürken sağ kanaldan ses olarak verilmektedir. Resimdeki her piksel işleme alındığında pikselin dikey konumu, yatay konumu ve ışık şiddeti ses üretmek için kullanılmaktadır ve uygun ses sinyallerine dönüştürülmektedir.[10] Bu tez projesinde amaç, yapılan çalışmalara yeni bakış açısı sunmak, bu bakış açısıyla yeni çözümlere nasıl ulaşılabileceğini araştırmak ve yapılan deneylerle somut sonuçlara ulaşmaktır.

Diğer çalışmalara alternatif yeni bir yöntem geliştirerek, bu yöntemin verimliliği, avantajları ve dezavantajları araştırılmıştır ve yapılan deneylerle somut olarak incelenebilmiştir. Görme engelliler için yapılan sistemlerden görüntüyü sese

çeviren sistemler, sesi üretirken görüntüyü soldan sağa taramaktadır ve sistemin kullanıcısı her görüntüyü incelediğinde soldan sağa taramayı beklemek zorundadır. Bu tezde, anlatılan bu yönteme alternatif olarak yeni bir yöntem geliştirilmiştir, deneylerle sonuçlara ulaşılmıştır. Sistem görüntüyü anlık olarak tarayabilmektedir ve etraftaki değişimlere verilecek tepkinin gecikmesi sıfıra indirilmiştir. Etraftaki değişimi anlık olarak algılamak, hareketlere duyarlı olmak fikri bu sistem sayesinde ortaya çıkmıştır.

Etraftaki objelerin, başka duyu organlarını kullanarak algılanmaya çalışması konusunda, birbirine benzer işlevli fakat farklı yaklaşımlarla geliştirilen bir çok çalışma vardır. Bu çalışmalardan ilk yapılanlardan biri olan ve “Sonic Eye“ olarak adlandırılan proje vOICE sistemine benzer işlem yapmaktadır. Sistem, etraftaki objeleri, hazırlanan cihaz ile soldan sağa notalara çevirmekte ve dinleyiciye bu notaları çalarak, dinleyicinin etraftaki objeleri algılamasına yardımcı olmaktadır. Aşağıdaki Şekil 1,1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Sonic Eye sistemi, yürüme ve okuma [15]

1998 yılında, Paul Querelle Londra Polytechnic Üniversitesinde hazırladığı proje ile bu tür sistemlere destek olmuştur. Resimlerden şekilleri ayırt etmek, resimdeki yazıları tanıyarak okutmak, resim derinlik bilgisi elde etmek için hazırlanan teknikler bu tür sistemlerin daha verimli çalışmasına yardımcı olmuştur. [15]

vOICE sistemine benzer çalışmaların yanında görme engelliler için alternatif sistemlerde geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan biri olan” Brain Implant” diğer adı ile “Neuroprosthesis” görme engellilerin zayıflamış görme hücrelerine direkt

bağlanarak, görme hücrelerine iletilmesi gereken elektrik sinyallerini ileten protez görevini üstlenmiştir. Bu sistemin çalışması için, çok uzman doktorların beyin ameliyatı ile bu sistemi görme hücrelerine dikkatlice bütünleşmiş etmesi gerekmektedir. Sistem çok uzmanlık isteyen bir alt yapı ihtiyacından dolayı dezavantajlı gözükmemektedir ve aynı zamanda bu sistemin maksimum 10x 10 piksellik bir alanı algılayabildiği bilinmektedir. [12]



Şekil 1.2: Brain Implant sistemi [12]

Kurt Kaczmarek (Paul Bach-y-Ritan ile beraber), dokunma duyusunu temel olarak objeleri belirli işlemlerden sonra titreşimlere dönüştürerek algılatma konusunda çalışmalar yapmışlardır. Çözünürlüğü 20 x 20 piksellik bir alan işleme alınmakta ve insan alnına bağlı kalın kemerdeki 20x20lik vibrasyon pinleri objenin dönüşümüne göre titremektedir. [13],[14]



Şekil 1.3: Alındaki titreşimlerle algılama [13],[14]

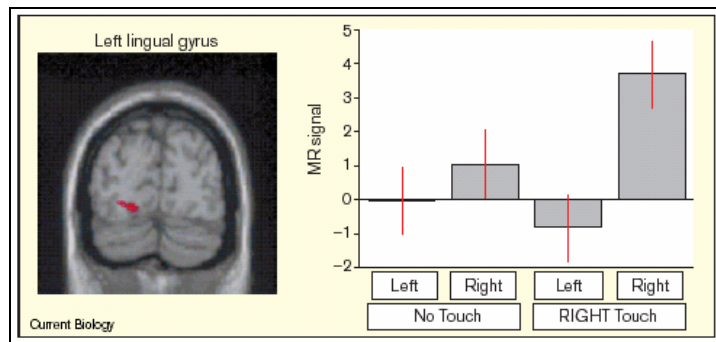
Daha yeni çalışmalardan biri olan ve Paul Bach-y-Ritan (Kurt Kaczmarek ile beraber)' in icat ettiği elektro-dokunma ile 12x12lik toplam 144 adet altın pinli bir cihaz dil üstüne yerleştirilmekte ve bu pinler titreşerek objenin çapraz dönüşümü sağlanmaktadır. [13],[14]



Şekil 1.4: Dildeki titreşimler ile algılama[13],[14]

Sinir bilimciler crossmodal-plasticity üzerine çalışmaları sonucunda, görme engellilerin occipital-cortex (beynin görme ile ilgili hücre grubu)'lerini ses sinyalleri ile tetikleyebildiklerini görmüşlerdir. Bununla birlikte yapay olarak yaratılmış 'crossmodal mapping' ile görme ile duyma arasındaki fark bulanıklaşmıştır. Bu sistemde önemli olan fiziksel olarak görülen bilgi değildir, fiziksel olarak görülen bilginin ses yolu ile algılatılabilmesidir.[1] ,[2],[3],[6]

Synaesthesia, sinirbilimcilerin son yıllardaki çalışmalarında geniş yer almıştır. Synaesthesia, duyu organlarının sadece kendi alanında algı için çalışmadığını, aynı zamanda dolaylı yoldan diğer algılamalara da etkisi olduğunu anlatmaktadır. Örneğin bir A harfi kırmızı rengi çağırıştırabilir, basit bir melodi beyinde duyulduğunda gökkuşağının tüm renklerini görmeden de hissedebilirsiniz. Bir kişide bu tür algılamalar olabiliyorsa, o kişi Synesthesia'nın bir formuna sahiptir. Synaesthesia Yunanca'dan günümüze gelmiştir. Syn Yunanca birliktelik anlamı taşımaktadır, aisthises ise algı, duyu anlamı taşımaktadır. Yani algıların birlikteliği gibi bir anlam çıkmaktadır. [1] ,[2],[3],[6]



Şekil 1.5: Sol Lingual Gyrus MR Sinyalleri [9]

Oxford üniversitesinin nöroloji bilimi enstitüsünde yapılan crossmodal faaliyet testlerinde beyindeki her bir uni-model çalışan organın diğer organlarla aslında multi-model bir ilişkisi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu araştırmada bir objeye bakıldığında sadece görme ile sorumlu olan ve bağımsız çalışan occipital cortex

(görme hücreleri) hücrelerinin aktivitesi incelenmiştir. İlk olarak objeye dokunmadan objenin sadece gözlerle algılanmasında beynin tepki verdiği MR (Manyetik Rezonans) Sinyal değerleri incelenmiştir. Daha sonra objeye sağ el ile dokunularak bakılmıştır ve MR sinyalleri incelenmiştir. Sağ el ile dokunulduğunda beynin görme işlevleri ile sorumlu occipital cortexinin yüksek oranda tepki sinyallerinde değişim gözlenmiştir. Bu da beyinde her işten yalnız sorumlu olan hücrelerin aynı zamanda birlikte çalışarak objeleri değerlendirmesi çok daha iyi hale gelmiştir.[9]

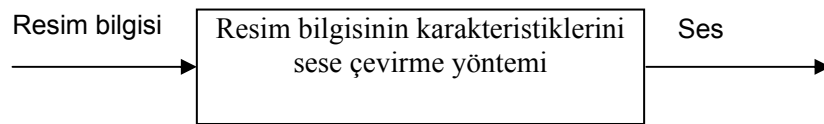
Buradan yola çıkarak bu fikir, görme işlevini çok iyi yerine getiremeyen görme hücreleri sesleri duyma ile sorumlu kohlea ile birlikte çok daha iyi çalışabileceğini ve cortex hücrelerinin işlevselliğini artırmada tetikleyici unsur olacağını düşündürmektedir.

Görme engelli kişiler için prensipte en kısa yoldan çözümsel yaklaşım direk cortex 'i uyarmaktır. Bu şekilde diğer duyu organlarını kullanmadan direk cortex ile etkileşime geçilebilir. Sistem direkt beyin ile elektrotlarla bağlıdır ve başka bir şeye ihtiyaç duymamaktır. Ancak böyle bir yöntem beraberinde birçok sorunu getirebilir ve böyle bir yaklaşımın doğaya aykırılığı tartışılabilir. En başta beynin görme ile görevli sinir hücrelerinin her birisine ayrı elektrot yaklaşımı sistemin yetersiz kalmasına (bant genişliğini aşmasına) neden olabilir, aynı zamanda böyle bir sistem cerrahi bir operasyon gerektirdiğinden insan üzerindeki yarattığı rahatsızlık da göz ardı edilemez. Böyle bir çalışmanın şimdiye kadarki yapılmış uygulamaları ve getirileri uzun bir araştırma konusu olarak devam etmelidir. Görme engelliler için başka bir çalışma da sonar sistemlerdir. Bu sistemler etraftaki objelerin uzaklıklarını sesler ile bildirmektedir. Ancak bu sistem de yetersiz kalmaktadır, çünkü çok uzaktaki objelerin uzaklık bilgisini verememektedir, obje hakkında bilgi de verememektedir. Görüntüyü sese çevirme fikri ile tüm bu sorunlar yok olmaktadır, çünkü yapabileceklerimiz hayallerimizle paralel gelişebilmektedir. Etrafımızdaki objelerin nasıl bir şekle sahip oldukları, birbirine olan uzaklıkları, kaç adet oldukları hakkında bilgi alabilir, obje eğer bir yazı ise onu yazı okuyucuları (OCR) ile okutabiliriz. [4]

## 2.RESİMLERİN SES İLE ÖRTÜŞMESİ

Çevremizdeki görüntü bilgilerinin ses bilgilerine dönüştürülmesinde algılanabilirliğin yüksek olması için resim bilgisinin uygun ses sinyallerine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Resim bilgisinin ses sinyallerine dönüştürülmesi aşağıdaki şekil ile gösterilebilir.

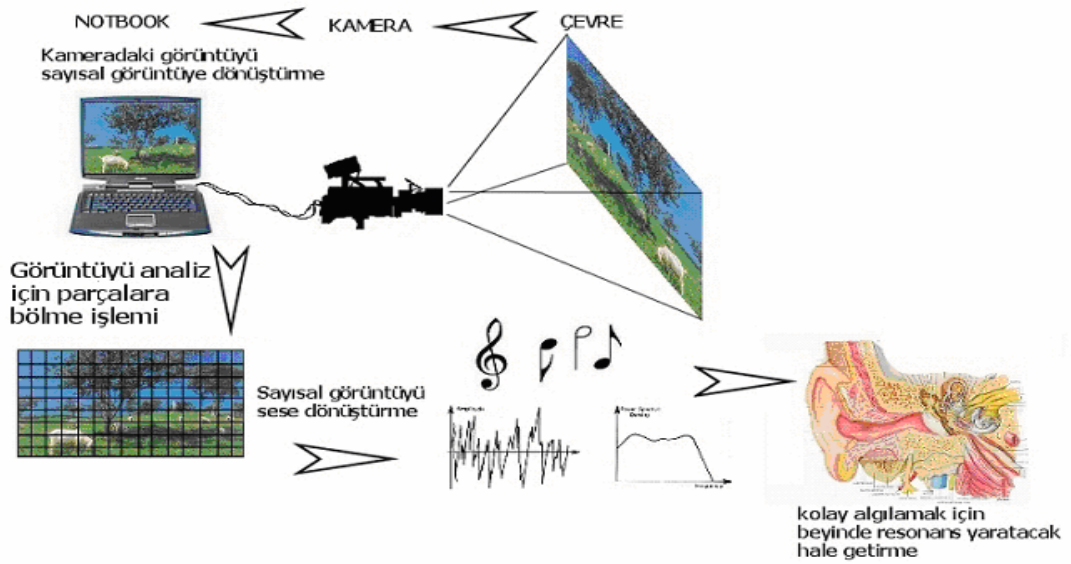


Şekil 2.1: Resim Bilgisinin Ses Sinyallerine Dönüştürülmesinin Temeli

Çevremizdeki birçok tecrübe edindiğimiz değişimleri sese çevirme yöntemi olarak kullanmak sisteme alışılması açısından yararlı olacaktır. Bunlardan metaforlar ve algılatıcı unsurları örnek olarak verebiliriz. Resim verilerinin karakteristiklerindeki artış ya da çok hızlı bir şekilde bir parametresinin değişimi için yüksek frekans içeren bir metafordan yararlanılabilir ya da tam tersi yavaş değişen ya da karakteristiklerindeki azalışı ifade etmek için düşük frekans içeren bir metafordan yararlanılabilir. Anımsatıcı unsurlar dışarıdaki dünyayı belirli sesler ile tanıdık hislerle algılanmasına yardımcı olabilir. Örneğin hastalıklı bir organın virüslü bölgeler az da olsa rahatsız edici sesler ile, hasta olmayan bölgeler yumuşak bir tonla ifade edilebilir.

Resimlerin seslere dönüşümü uygun şekilde nasıl gerçekleştirilir? Resim statik bir bilgi olmasına karşın ses zaman ile değişen bir bilgidir. Resimden ses dönüşüm yapılmak isteniyorsa bu nasıl gerçekleştirilmelidir?

Bir ses sinyali tipi seçilmelidir. Örneğin sinüzoidal bir salınım kullandığımızda resim içindeki piksellerin karakteristikleri ile salınım parametrelerini ilişkilendirebiliriz. Burada sinüzoidal dalgaların genlikleri piksellerin gri seviyeleri ile ve frekansı da piksellerin dikey pozisyonları ile orantılı olacaktır. Sinüzoidal ses sinyallerinin seçilmesi, ses üzerindeki matematiksel işlemlerde kolaylıklar sağlayacaktır ve devamlı ses üretme konu olduğunda sinüzoidal ses sinyalleri aralıksız devam edeceğinden ve kesikli sesler oluşmayacağından bir ses sinyalinden yeni bir ses sinyaline geçişte hiçbir boşluk olmadan, yumuşak bir şekilde geçilmesi sağlanmış olur. [6]



Şekil 2.2: Görme Sisteminin Temel Çalışma Prensibi

Resimden sese dönüşüm için bir kamera, kamera görüntüsünü işleyebilecek kadar kuvvetli işlemcili bir bilgisayar ve bir kulaklık yeterli olacaktır. Sistemin taşınabilir olabilmesi için dizüstü bilgisayar kullanılması yerinde olacaktır.

### 3.GÖRÜNTÜ-SES PARAMETRELERİ

Görüntüyü taramak ve sese çevirmek için dönüşüm fonksiyonumuzun parametrelerini ele alalım. Görüntü piksellerden oluşmaktadır.

Her pikselin;

- X konumu
- Y konumu
- Işık şiddeti bilgisi vardır.

Etrafımızdaki objeleri bir resme alarak ses sinyallerine dönüştürmek, bu parametreleri kullanarak mümkün olacaktır. Aşağıda, bu parametrelerin dönüşümdeki yerleri anlatılmıştır. Daha sonra ses sinyallerinin nasıl üretildiği ve bu parametrelerle nasıl değiştiği anlatılacaktır.

#### 3.1.Piksel. X Parametresi

Pikselin yatay olarak hangi konumda olduğunu hissettirmek için dönüşüm fonksiyonunda pikselin X parametresi kullanılmaktadır. Sesin sağa mı yoksa sola mı daha yakın olduğu pikselin X konumuna bağlı olarak tayin edilmektedir ve sesin sağ-sol yakınlık derecesi X parametresinin değişimine göre yapılmaktadır.

N tane yatay piksellik bir resimde sağdan sola X konumlarına göre Sağ ve Sol kanal ses çıkışlarının genlik katsayıları;

1.Piksel için Sol kanal ses genlik katsayısı = N,

Sağ kanal ses genlik katsayısı = 0,

N. Piksel için Sol kanal ses genlik katsayısı = 0,

Sağ kanal ses genlik katsayısı = N

Her hangi bir T noktasında pikselin

$$\text{Sol kanal ses genlik katsayısı} = 1 - (T / N) \dots (3.1)$$

$$\text{Sağ kanal ses genlik katsayısı} = T / N \dots (3.2)$$

olur.

Daha yumuşak bir ses geçişi için eksponansiyel fonksiyon kullanılabilir.

$$\text{Sol kanal ses genlik katsayısı} = 1 - (T^2 / N^2) \dots (3.3)$$

$$\text{Sağ kanal ses genlik katsayısı} = T^2 / N^2 \dots (3.4)$$

kullanılabilir.

Bu şekilde ortadan uzaklaştıkça sol ya da sağ tarafa yaklaştıkça ses artış miktarı artacaktır. Yani Ses ortadan sağa doğru geçerken, tarama sağa yaklaştıkça sağ ses genlik katsayısı da daha çok artarak sesin sağa yakınlaştığı, çok daha kolay algılanır.

Piksel sağa yakınsa sağ ses genlik katsayısı daha büyük olacaktır. Sağ kulağa daha fazla, sol kulağa daha az gelen sesi, insan, sağa daha yakın algılayacaktır.

Piksel sola yakınsa sol ses genlik katsayısı daha büyük olacaktır. Sol kulağa daha fazla, sağ kulağa daha az gelen sesi, insan sola daha yakın algılayacaktır.

Piksel görüntünün ortalarında ise sağ ve sol ses genlik katsayısı eşit olacaktır. Sol kulağa ve sağ kulağa eşit genlikte gelen sesi, insan ortalarda algılayacaktır.

### 3.2.Piksel. Y Parametresi

Pikselin dikey olarak hangi konumda olduğunu hissettirmek için Y parametresi kullanılacaktır. Sesin yukarıya mı yoksa aşağıya mı daha yakın olduğu pikselin Y konumuna bağlı kalarak tayin edilmektedir ve sesin frekans değişimi Y parametresinin değişimine göre yapılmaktadır.

Görüntünün daha yukarısındaki pikseller daha yüksek frekansla, daha aşağısındaki pikseller daha düşük frekansla temsil edilmektedir. Frekans belirlemede

insan kulağının duyabileceği frekans aralığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu da 16Hz ile 20 KHz aralığıdır. Sistem için seçilen aralık 500 Hz ile 5000 Hz arasında tutulmuştur. En alt piksel 500 Hz, en yüksek piksel 5000 Hz olarak seçilmiştir.

Frekans dağılımı 2 farklı şekilde yapılabilir. Kare bir resim  $N \times N$  pikselden oluşmuş olsun.

$\hat{I}$ : Pikselin dikey konumunu temsil etmektedir.

$F_L$ : En düşük frekansı temsil etmektedir.

$F_H$ : En yüksek frekansı temsil etmektedir.

$F_{\hat{I}}$ :  $\hat{I}$ . pikselin frekansı temsil etmektedir

*Lineer Frekans değişimi:*

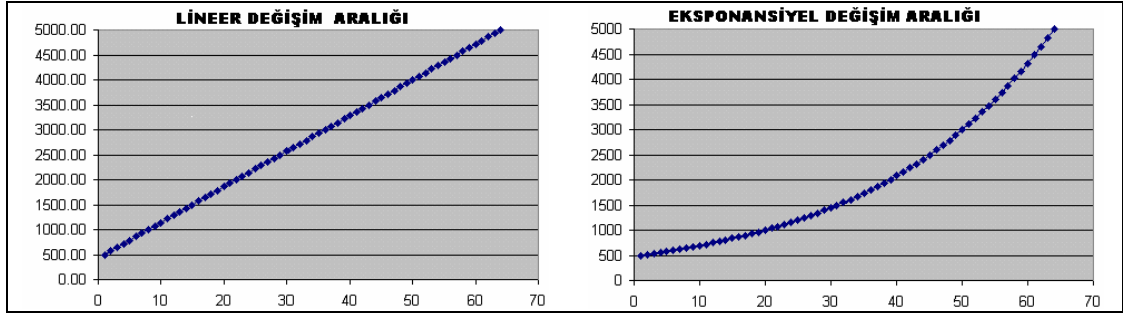
$$F_{\hat{I}} = F_L + (F_H - F_L) \cdot (\hat{I} - 1) / (N - 1) \quad \hat{I} = 1, \dots, N \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

En basit frekans dağılım şeklidir. 500 Hz den 5000 Hz' e doğru orantılı şekilde değişim gösterecektir.

*Eksponansiyel Frekans değişimi:*

$$F_{\hat{I}} = F_L \cdot (F_H / F_L)^{(0.5) \cdot (\hat{I} - 1) / (N - 1)} \quad \hat{I} = 1, \dots, N \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

Orta frekans değişiminin daha yumuşak olması için kullanılır, üst ve alt frekanslar ise daha belirgin hale gelirler, çünkü orta frekanslardan üst ya da alt frekansa geçişte frekans değişimi daha belirgin fark edilecek kadar artış ya da azalış gösterir.



Şekil 3.1: Lineer Frekans Değişim Aralığı ve Ekspansiyel Frekans Değişim Aralığı

### 3.3. Piksel. Işık Şiddeti

Piksel gri tonlarda kabul edildiği için pikselin Kırmızı, Yeşil, Mavi (RGB) değerlerinin ortalaması ışık şiddeti olarak düşünülebilir. Aynı zamanda pikselin Saturation değeri de bize pikselin ışık şiddeti değerini verebilir. Sistemde pikselin renk kodu RGB moddadır. Pikselin saturation bilgisi için RGB'den HSV bilgisine dönüştürmek gerekir. Sistemde  $R=G=B$  eşit (gri tonlu olduğu için) R ya da G ya da B değerlerinden birini kullanmak yeterli olacaktır. İnsan renklerden yeşil rengi kırmızıya göre, kırmızı rengi maviye göre daha kolay ayırt eder. Bu yüzden gri tona dönüştürmede

$$\text{Resim. Gri\_ton} = ( 11 * \text{Kırmızı} + 16 * \text{Yeşil} + 5 * \text{Mavi} ) / 32 \dots (3.7)$$

formülünü kullanarak algıda iyileştirme yapılabilir. [11]

Etraftaki renkli görüntüler 16 renkli gri tonlu resme dönüştürüldükten sonra işleme sokulmaktadır.

En büyük genlik A olarak düşünülürse, gri ton skalası 0..15 kabul edilirse

Gri tonu 15 olan pikselin genlik değeri = A,

Gri tonu 0 olan pikselin genlik değeri = 0,

$$\text{Gri tonu T olan pikselin genlik değeri} = A * ( T/15 ) \dots (3.8)$$

olacaktır.

## 4.SES DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARI

Görüntüyü sese çevirmek için öncelikle her pikselin parametrelerini tayin etmek gerekmektedir. Bundan sonra sesi üretme aşamasında görüntünün nasıl taranacağına karar verilmelidir. Sesi üretilmesi, ses sinyallerinin oluşturulması ve ses dalga formlarını meydana getirme prototip bölümünde açıklanacaktır.

Bir piksel in parametreleri X, Y ve I ise ve Ses fonksiyonu F(Piksel) olarak gösterilirse dönüşüm fonksiyonu;

$$F(\text{Piksel}_{\text{Sol}}) = (\text{SolKanal}(X) * I * \text{DalgaFormuSol}(t)) \dots(4.1)$$

$$F(\text{Piksel}_{\text{Sağ}}) = (\text{SağKanal}(X) * I * \text{DalgaFormuSağ}(t)) \dots(4.2)$$

olarak gösterilebilir.

$X \rightarrow$  Konum  $Y \rightarrow$  Frekans  $I \rightarrow$  Işık şiddeti  $T \rightarrow$  Zaman olarak kabul edilmiştir.

$$\text{SolKanal}(X) = 1 - (X / N), N: \text{yatay piksel sayısı}$$

$$\text{SağKanal}(X) = (X / N), N: \text{yatay piksel sayısı}$$

Sağ ve sola yaklaştıkça ses ayırımını daha anlaşılır yapmak için;

$$\text{SolKanal}(X) = 1 - (X^2 / N^2), N: \text{yatay piksel sayısı}$$

$$\text{SağKanal}(X) = (X^2 / N^2), N: \text{yatay piksel sayısı}$$

Dalga Formu(T) = Sin(W.T) olarak gösterilebilir.  $W = 2\pi.F\text{Frekans}(Y)$

Frekans dönüşüm fonksiyonu:

$$F\text{Frekans}(Y) = \begin{cases} \text{Lineer ise} & : F_I = F_L + (F_H - F_L) \cdot (I-1) / (N-1) \quad I = 1, \dots, N \\ \text{Ekspansiyon ise} & : F_I = F_L \cdot (F_H / F_L)^{(0.5) \cdot (I-1) / (N-1)} \quad I = 1, \dots, N \end{cases}$$

Genlik dönüşüm fonksiyonu:

$$F_{\text{Genlik}}(I) = \text{MaximumGenlik} * (I / 15); \dots (4.3)$$

Görüntü → Ses Dönüşüm Temel Fonksiyonu:

$$\begin{aligned} F(\text{piksel}_{\text{sol}}) &= F_{\text{Genlik}}(I) * \text{SolKanal}(X) * \sin(2\pi \cdot \text{FFrekans}(Y) * T) \dots (4.4) \\ &= \text{MaximumGenlik} * (I/15) * (N - (X^2 / N^2)) * \sin(2\pi \cdot \text{FFrekans}(Y) \cdot T) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F(\text{piksel}_{\text{sağ}}) &= F_{\text{Genlik}}(I) * \text{SağKanal}(X) * \sin(2\pi \cdot \text{FFrekans}(Y) * T) \dots (4.5) \\ &= \text{MaximumGenlik} * (I/15) * (X^2 / N^2) * \sin(2\pi \cdot \text{FFrekans}(Y) \cdot T) \end{aligned}$$

Bir t anında bir piksel için görüntüden sese dönüşüm yukarıdaki fonksiyon ile yapılabilir. Tüm resmi ele aldığımızda, her pikselin sese dönüşümü için görüntünün nasıl taranacağı seçilmesi gerekmektedir. Her tarama şekline göre dönüşüm fonksiyonunun kullanım sıklığı ve kullanım şekli değişecektir.

## 4.1.Tarama Şekilleri

Üretilen ses sinyali tüm resimdeki bilgileri içerir ancak analizi çok zordur. Dönüşüm çok natürelidir. Bu dönüşümün algılanabilirliğini anlamak için bir grup gönüllü ile çalışılmalıdır. Görüntüden sese dönüşüm yaparken kullanıcı görüntünün nasıl taranacağına kendisi karar vermelidir. Bu olanak kullanıcının etrafındaki değişimi, hareketleri, sabit objeleri anlamaya çalışırken kendisine etrafını algılamasında yardımcı olacaktır. Sistemde üç şekilde tarama olanağı yaratılmıştır.

- Soldan sağa tarama,
- Merkezden sola ve merkezden sağa paralel tarama,
- Tüm pikseller aynı anda eş zamanlı tarama

Sistemin kullanıcısı bu üç tarama şeklinden birini sistemi kullanma esnasında her an seçebilmelidir. Yukarıda bahsedilen frekans dağılım aralığını da kullanıcı istediği zaman kolayca değiştirebilmelidir.

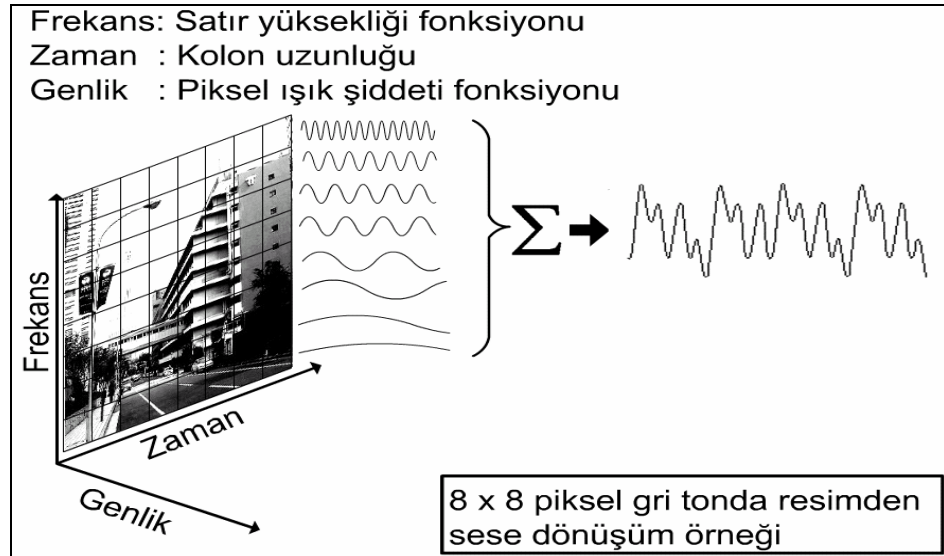
Her taramanın avantajları ve dezavantajları vardır. Kameranın görüş alanı içinde birden fazla obje varsa bu objeleri sıra ile tarayarak algılamak daha kolaydır. Ayrıca kamera görüş açısı içinde çok büyük bir obje varsa ve tüm görüş açısını kaplıyorsa bu objenin tüm yüzeyi hakkında genel bir algı yapmak için soldan sağa tarama daha uygun olacaktır. Eğer sistemi kullanıcı ileriye doğru yürüme halinde iken kullanacaksa, etrafındaki engelleri yürüme esnasında aynı anda hem solundaki hem de sağındaki objeleri analiz etmesi mümkün olacaktır ve eş zamanlı algılamaya yaklaşmış olacaktır ve soldan sağa taramaya göre daha kısa sürede analiz süresi sağlanmış olacaktır. Kamera açısı içinde hareketli objeler varsa soldan sağa tarama vakit alacağı için hareketli objeleri analiz etmek mümkün değildir. Tüm piksellerin aynı anda eş zamanlı taranması hareket eden objelerin konumlarının algılanmasında çok yardımcı olur. Kullanıcı sabit durumda iken etrafındaki objelerin hareket ettiğini düşünersek, kullanıcı anlık olarak her objenin konum değişimini algılayabilir. Her obje görüntü-ses dönüşüm fonksiyonları ile birbirinden farklı eşsiz ses sinyallerine dönüşecekleri için bu ses sinyallerinin 2 boyutlu düzlemde yer değiştirmesi kolaylıkla algılanabilir.

Yukarıda bahsedilen fonksiyonlar ve prosedürler bu proje için hazırlanmış prototipte uygulanmıştır ve bu prosedürlere geniş olarak prototip bölümünde yer verilmiştir.

#### **4.1.1.Soldan Sağa Tarama**

Soldan sağa tarama temel olarak resmin sütunu bazında yapılır. Bu tarama şeklinin parametreleri seçilmiş olan sütun, seçilmiş olan piksel satır indeksi, piksel ışık şiddeti ve zamandır.

Pikselin o anki sütunun indeksi zaman parametresini, o anki satır indeksi Frekansı, O anki ışık şiddeti Genliği temsil etmektedir.



Şekil 4.1: Soldan Sağa Sütunların Taranması Tasviri

Yüksek kalite ve yüksek çözünürlük elde edebilmek için resim zaman ile orantılı ses ortamına aktarılabilir. Bir önceki tarama ( $[k - 1].\text{tarama}$ ) sonunda sese çevirme işlemi bittiği anda  $k$ . resim işleme alınmalı, sayısallaştırılmalı ve  $M(\text{yükseklik, satırlar}) \times N(\text{genişlik, sütunlar})$  büyüklüğünde bir matrise ( $P^{(k)}$ ) dönüştürülmelidir.  $P_{ij}^{(k)}$   $M \times N$  lik matrisin her bir piksel değerlerinin gri tonlarını göstermektedir.

$$i = 1, \dots, M$$

$$j = 1, \dots, N$$

Resimdeki örnek 8x8 lik, 16 gri tona sahip ( $M = N = 8, G = 16$ ) resimden sese dönüşümü temsil eden bir örnektir. Resimden sese örtüşüm; her pikselin dikey pozisyonu frekans fonksiyonunu, yatay pozisyonu piksel başına ses zaman fonksiyonunu, gri ton seviyesi sesin salınım fonksiyonunda kullanılan dalga genliğini temsil etmesiyle sağlanır.

Tüm  $N$  tane sütunun taranması ve sese çevrilmesi  $T$  saniye aldığı kabul edilirse, bir  $j$  sütunu için düşünüldüğünde, bu sütundaki tüm pikseller, insan kulağının duyabileceği frekans aralığında bununla ilişkili bir sinüzoidal ses dalgasının oluşumu için kaynak olacaktır. Her piksel için değişik frekans ve değişik

genlik değeriinde ses bilgisi olduğunu düşünebiliriz. Böylelikle geometrik uzaydan ses uzayına geçişte bilgi korunmuş olur. Sütundaki pikseller aşağıdan yukarıya çıktıkça frekansları da yükselmektedir. En alttaki piksel en düşük frekansta, en yüksekteki piksel en yüksek frekansta ses dalgalarını temsil etmektedir. Her pikselin frekansı  $f_i$  ile ifade edilir. Her satırın farklı frekansta olması ve bu frekansların kademeli değişimi, insan beyninde objelerin yerlerinin tespitinde (düzgün bir konum belirlemede) çok önemlidir. Düşük frekanslarda sesler görüntünün aşağısındaki, yüksek frekanslardaki sesler görüntünün yukarısındaki ışık yayan objelerin varlığını göstermektedir.

Ses şiddeti objelerin ışığı yansıtma şiddeti, yani pikseldeki beyazlık oranına göre değişir. Pikseldeki daha parlak bölgeler daha büyük genlikli (daha yüksek ses şiddetli) dalgalara neden olur. Her pikselin genliği pikselin gri tonu ile  $P_{ij}^{(k)}$  ile ifade edilir. Bir sütun içindeki  $M$  tane salınım sinyali birbiri ile toplanır ve bu uygun ses örneği insan kulağına  $T/N$  saniyede sunulur. Sonra bir sonraki ( $j + 1$  nolu ) sütun bu şekilde sese dönüştürülür.

Tüm işlem  $T$  saniyede bu resim için sona erer. Her resmin tüm piksellerinin gri tonlarının değerlerini matrise dönüştürmek için  $\tau$  saniye harcandığını düşünülürse, bir resim sese dönüştürüldükten sonra diğer bir resme geçildiğinde, algıda bozukluk yaratacak kadar bir gecikmenin olmaması için  $\tau$  'nın olabildiğince kısa tutulması gerekmektedir (  $\tau \ll T$  ). Her resmin işlenmesi  $\tau + T$  sürede gerçekleşmektedir. İnsan beyni aynı anda bir saniye içinde 10 resmin sese dönüştürülmesini analiz edebilmektedir. Bu bilgiler göz önünde tutularak ses üretme gerçekleştirilmelidir.

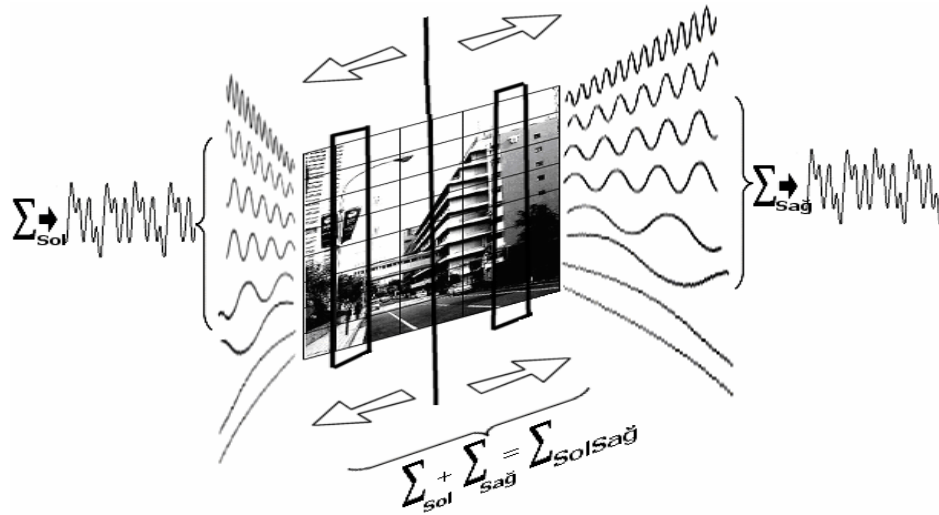
Basit şekillere uygun düşen ses örnekleri çok daha kolay algılanır. Örneğin siyah zemin üzerine sol alttan sağ-yukarıya çıkan düz parlak bir çizgi, bir sonraki resmin işlenmesine kadar, tek bir ses tonuyla sürekli artan şekilde devam eder.

Örneğin dikdörtgen şeklindeki bir örnek belirli bir bant genişliğinde bir ses üretecektir, bu ses dikdörtgenin genişliği kadar sürecek ve yüksekliği ölçüsünde bir frekans bant genişliği olacaktır. Bu şekilde çalışmalara basit şekillerden başlamak sistemin davranışını anlamak ve öğrenmede sorun yaşamamak için en uygun

öğrenme şeklidir. Daha sonraları etrafımızdaki daha karmaşık nesneleri algılamak biraz zaman alacaktır, çünkü görüntüyü ses ile örtüşme yöntemi basitleştirilmiş olduğundan insan beyninin buna alışması biraz aşamalı bir sürece ihtiyaç duyacaktır. [5]

#### 4.1.2. Merkezden Sağa ve Merkezden Sola Tarama

Bu tarama şekli iki sütunu temel alır. Merkezden itibaren sürekli sağa ve sola aynı anda sütunlar taranır ve ses sinyallerine dönüştürülürler. Hem sağ tarafta hem de sol taraftaki objeler aynı anda sese dönüştürülecektir.



Şekil 4.2: Merkezden Sola ve Sağa Tarama Tasviri

$N \times N$  lik bir resmi ele alalım. İlk işlem olarak resmin 16 renkli gri tona dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem bittikten sonra tüm piksellerin gri tonlarının ışık şiddetini genlik değerine dönüştürerek  $N \times N$  lik görüntü matrisinde bu değerleri tayin etmek gerekmektedir. Tüm piksellerin genliklerini hesaplama işlemi bittiğinde sesler üretilebilir.

$N$  sütunluk bir resimde toplam  $N/2$  adet işlem olacaktır.

1. işlemden sol taraf için  $(N/2)$ . Sütun, sağ taraf için  $((N/2) + 1)$ . sütunu hesaba alacaktır.

2.işlemdede sol taraf için  $((N/2) - 1)$ .Sütun, sağ taraf için  $((N/2) + 2)$ .sütun hesaba alınacaktır.

K. işlemde ise sol taraf için  $((N/2) - (K - 1) )$ .Sütun, sağ taraf için  $((N/2)+K)$ .Sütun hesaba alınacaktır.

İşlem paralel şekilde devam edecektir. Ses sinyalleri üretildiğinde sağ ve sol kulak aynı anda sesleri duyacaktır, sistem kullanıcısı sağındaki ve solundaki değişimleri aynı anda farkına varacaktır. Merkezden tarama Soldan sağa taramaya göre daha fazla ses sinyali ve iki ayrı kanaldan aynı anda ses ürettiği için beyinde daha fazla analiz isteyecektir, ancak soldan sağa tarama süresinin tam yarısı sürede tarama gerçekleştiği için soldan sağa taramaya göre avantajı olduğunu söyleyebiliriz.

Gerekli olan ses üretimi her iki sütunun ayrı ayrı dönüşüm fonksiyonuna sokulmasıyla elde edilir. Sağ taraftaki simetrik sütun ile sol taraftaki simetrik sütunun piksellerinin X,Y konumları ve ışık şiddetine göre ve sağ-sol genlik kat sayılarına göre hesaplamalar yapıp soldaki objeleri sol taraftaki hoparlörden, sağdaki objeleri sağ taraftaki hoparlörden çıkartacak şekilde dönüşüm fonksiyonuna sokulur ve ses sinyalleri oluşturulur.

Dinleyici ses sinyallerini dinlerken sürekli olarak sol kulağındaki ve sağ kulağındaki sesleri sağındaki ve solundaki objeler olarak algılamaya çalışacak ve eğer bu tarama şekline alışırse her iki göz aynı anda görüyormuş gibi hem sağındaki hem de solundaki değişimleri aynı anda fark edebilecektir.

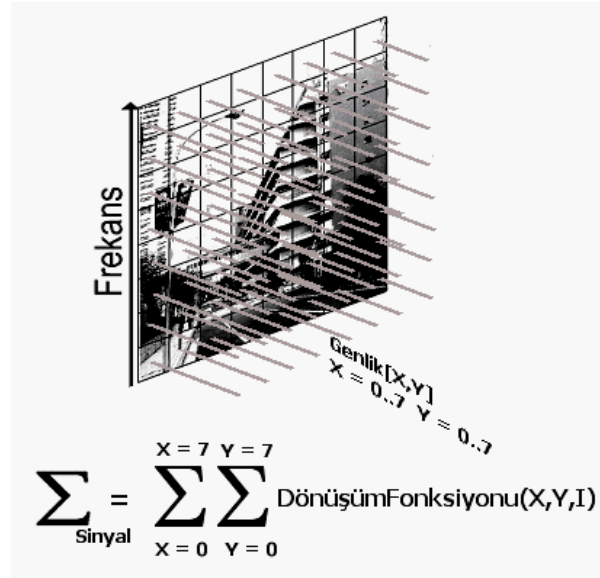
#### *Sütunların taranması:*

Sol taraftaki bir K sütununu ele alalım. K. sütununun N tane satır pikseli olacaktır. K. Sütunun her pikseli ayrı ayrı ses sinyallerine dönüştürülür ve hepsi birbiri ile toplanırsa N nane ses dalgasının toplamından oluşan yeni bir ses dalgası olacaktır ve bu ses dalgası içinde N tane gizli ses dalgası işleme sokulduğunda, her pikselin konumunu bize verecek şekilde ses üreteceklerdir.

$$\sum_{\text{Sinyal}} = \sum_{Y=0}^{Y=7} \text{DönüşümFonksiyonu}(X_1, Y, I) + \sum_{Y=0}^{Y=7} \text{DönüşümFonksiyonu}(X_2, Y, I) \quad \dots(4.6)$$

Bu formülde  $X_1$  = Sol Sütun indeksi,  $X_2$  = Sağ Sütunun indeksi,  $Y$  = İşlenen o anki piksel indeksi ve  $I$  işlenen  $Y$  pikselinin ışık şiddetidir. Bu parametreleri dönüşüm fonksiyonuna soktuğumuzda hem sağ hem de sol olmak üzere sürekli iki yönlü şekilde objeler hakkında bilgi verecektir.

#### 4.1.3.Eş zamanlı Tarama



Şekil 4.3: Eş Zamanlı Tarama Tasviri

Eş zamanlı tarama yönteminde zaman parametresi yoktur. Çünkü tüm sütunlar aynı anda işleme sokulacak ve tüm piksellerin görüntü-ses dönüşümünden elde edilen sinyaller toplanarak kulağa verilir ve tüm piksellerin konumunu aynı anda belli edecek şekilde sesler kulağa verilir. Burada sağa yakın pikseller sağ kulağa, sola yakın pikseller sol kulağa doğru ses üretirler. Yukarıdaki pikseller yüksek frekansta, aşağıdaki pikseller düşük frekansta oluşturulurlar.

Aynı anda tüm piksellerin eş zamanlı şekilde taranması ve sese dönüştürülmesinin de avantajları ve dezavantajları vardır.

Etraftaki objeleri hareket eden objeler şeklinde düşünürsek, sabit objelerin ürettikleri seslerin konumları değişmeyeceğinden, sadece hareket eden objelerin ürettikleri seslerin konumları değişeceğinden, değişmeyen seslerin yanında sürekli konum değiştiren sesleri algılamak kolay olacaktır. Beyin kulağa gelen ses farklılıklarını kısa sürede algılayabilecektir, bu yüzden hareketli objelerde eşzamanlı tarama kullanmak en doğru seçim olacaktır. Etraftaki objeler hareket eden objeler değilse tüm objelerin konumunu birçok ses sinyallini dinleyerek algılamaya çalışmak çok zor olacaktır. Bu tarama sisteminde yön değiştiren objeleri belirlemek kolay olacaktır. Hareket eden objelerde soldan sağa tarama kullanılırsa, hareket eden objenin konumu o andaki taranan sütunda olmayabilir. O anda taranan sütun içinde olsa bile sadece bir anlık dönüşüm yapılacaktır ve obje başka bir sütuna hareket ettiğinde taranan sütun objenin o anda hareket ettiği sütun olma olasılığı çok düşüktür ve objenin hareketini belli eden ses üretilemeyebilir. Eş zamanlı taramada  $N \times N$  lik bir resimde, 1.pikselden başlayarak  $N \times N$ . Piksele kadar sırasıyla tüm sinyaller dönüşüm fonksiyonuyla bulunur ve birbiri ile toplanır. Tüm sinyallerin toplama işlemi bittiğinde ses üretilir ve kulağa verilir. Böylelikle kameraya anlık gelen objeler, hızlı yön değiştiren objeler zaman kaybı olmadan anlık algılanabilir. Bu yüzden eş zamanlı tarama hareket eden objeler için ideal tarama şeklidir.

## 5. STEREO GÖRÜNTÜ TEKNİĞİ

Yukarıda bahsettiğimiz yöntemlerde her zaman 2 boyutlu bilgi bulunmaktadır. Nesneleri birbirinden ayırmak, sadece onların sahip oldukları ışık şiddeti bilgisini kullanarak sese dönüştürmek ve bu seslerin farklılıklarını algılayarak farklı objelermiş gibi hissettirmek ile mümkündür.

Resim bilgisini sese dönüştürmeden önce resimden derinlik bilgisi elde edildiğinde resimdeki objelerin uzaklıkları hakkında da bilgi sahibi olunabilmektedir.

Resimdeki nesnelerin uzaklık bilgisini öğrenmek için birkaç yöntem kullanılabilir. Birkaç yöntem hatırlatılacak olursa stereo görüntü tekniği, hareket analizleri, shading ile derinlik bilgisi alınabilir. Objelerin daha anlaşılır bilgiler içermesi için edge algılama, kontur algılama yapılabilir. Derinlik bilgisini elde etmek için en iyi ve çok hızlı yöntem stereo resim tekniğidir.

Stereo teknik için iki kameranın da çok iyi kalibre edilmesi gerekmektedir. Her iki kameranın da aynı X düzlemi üzerinde olması disparity map'i bulmak için gerekli olan parametrelerden bazılarını ihtiyaç duymayacağı için işlem hızı kazandıracaktır. Disparty map'i elde edilen resmin nesneleri kolaylıkla algılanabilir. Derinlik bilgisi de elde edildiği için Piksel bilgisine ek sistemde iyileştirme yapmak için derinlik bilgisi de kullanılabilir. Derinlik bilgisi ile ortaya çıkarılmış resimde uzak olan objeler daha koyu renkle, yakın olan objeler daha aydınlık renkle tasvir edilecektir. Bu da objeler hakkında daha kolay bilgi sahibi olmamıza yarayacaktır.[4]

Yukarıdaki anlatılanlar tarama tiplerinin temel tarifleridir.. Görüntünün elde edilmesinin, iyileştirilmesinin, görüntüdeki objelerin algılanmasında kullanılan teknikler, sesin üretilmesinin, sesin konumunun ayrılmasının detaylı olarak incelemesi prototip kısmında anlatılmıştır.

## 6. GÖRME SİSTEMİ

Görmeye çok farklı bir boyut getirebilecek bu sistem ile, etraftaki objeleri algılama tamamen ses sinyalleri ile gerçekleştirilecektir. Etrafta kaç adet obje var, objelerin yüzey bilgileri, objelerin büyüklükleri ve konumları hakkında bilgiler, görüntünün sese dönüştürülmesi ile elde edilebilecektir. Herhangi bir obje sağ tarafta ise ses sağdan, sol tarafta ise ses soldan ortalarda ise ses her iki taraftan aynı anda verilecektir. Objeye yukarıda ise yüksek frekansta, obje aşağılarda ise düşük frekanslarda verilecektir. Böylelikle obje hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

### 6.1.Genel Tanım

Sistemin temel çalışma prensibi kameradaki ya da resimdeki görüntüyü almak ve dönüşüm formülleri ile ses sinyallerine dönüştürmektir.

Görme engelli kişiler için yapılmış projeler mevcuttur. “Seeingwithsound.com” web sitesinde detaylı bir şekilde yer verilen vOICe (Ohh I See) projesinde görüntü sese soldan sağa taranarak çevrilmektedir. Bu projede, diğer taramalara alternatif olarak soldan sağa taramaya da yer verilmiştir. Böylelikle bu projeyi diğer projeler ile kıyaslayabilmek için projeleri aynı platformda deneme imkânı sağlanmıştır.

Tez de birçok tarama imkânına ve birçok parametre değişikliğine olanak sağlamıştır. Görme engelliler için yapılan eski çalışmalardan soldan sağa tarama, bu projede yeni olarak yer verilen merkezden tarama ve Eş zamanlı tarama gibi tarama seçenekleri sunulmuştur. Tarama seçenekleri değiştirilerek objelerin algılanmasındaki farklılıklar bu sayede incelenebilecektir.

## 6.2.Donanım profili



Şekil 6.1: Görme Sisteminin Kullanımı

Prototip için gerekli olan kamera, kulaklık ve el bilgisayarı donanım kullanım şekli yandaki fotoğrafta gösterilmiştir.

Şapkaya monte edilmiş kamera sabittir ve baş ne tarafa dönerse o tarafa baş ile birlikte hareket etmektedir.

Notebook sırt çantasıyla taşınabilmektedir ve kulaklıklar da kafayı sararak şapkanın kaymasını engellemektedir.

Kullanıcı kolaylıkla sistemi taşıyabilmektedir. Gönüllülerle çalışmak için uygun bir sistem tasarımı sağlanmıştır.

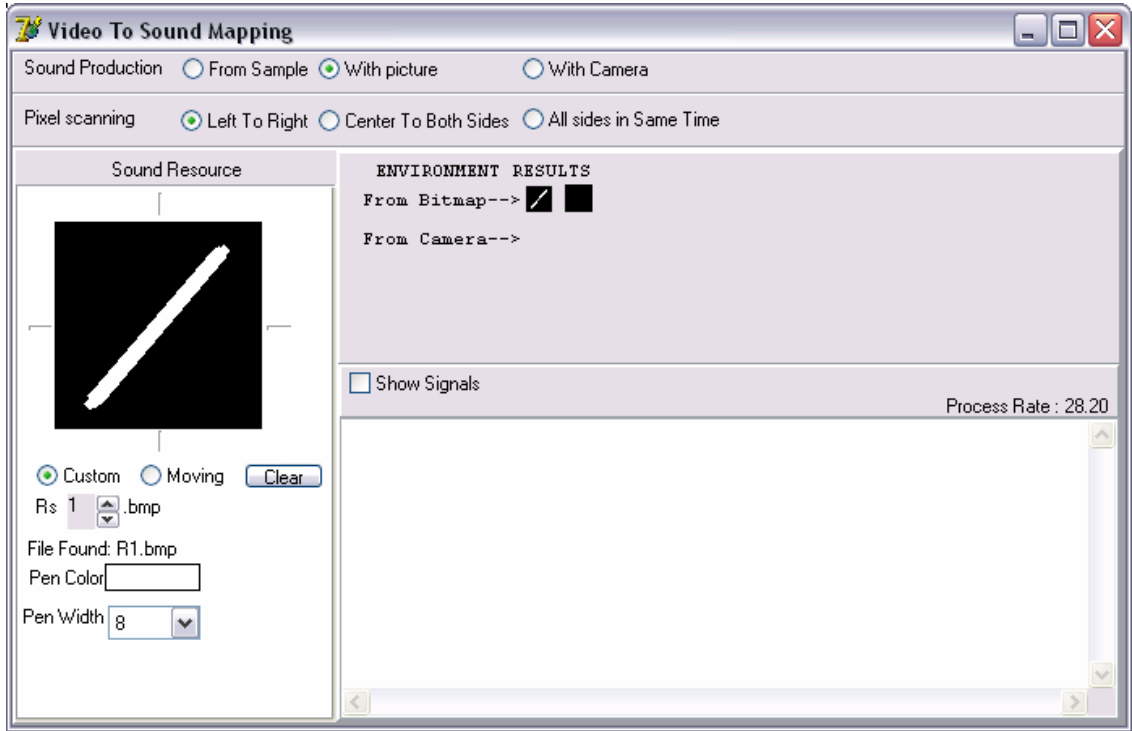
Kamera: SoC –PC Camera, standart Windows Kamera sürücüler

Kulaklık: 20Hz- 22000 Hz frekans destekli kulaklık

Notebook: Asus A10 – Celeron800, 368 MB Ram, 16 MB Ekran Kartı

## 6.3.Yazılım Profili

Bu sistem için hazırlanan yazılım Delphi programlama dili ile Win32 işletim sistemlerinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Basit olarak anlatmak gerekirse, sistem etraftaki görüntüyü web kamera ile almakta, alınan görüntüler resim bitmap formatına çevrilmekte, tüm bu resimler tarama yöntemleriyle taranıp ses dönüşüm fonksiyonlarıyla sese çevrilmektedir. Görüntü işleme teknikleri kullanarak etraftaki objeleri ayırt etmek daha kolay hale getirilmiştir. Canny Edge Algoritması ve Noise Reduction Algoritması ile objelerin biçimleri daha kolay analiz edilir hale getirilmiştir. Görüntü, 24 bit resim formatından gri ton 4 bit ( 16 renk ) renk formatına dönüştürüldükten sonra işleme alınmaktadır.



Şekil 6.2: Sistemin yazılım arayüzü.

### 6.3.1. Programda Ses Üretme Çeşitleri

Programda ses üretmek için 3 farklı olanak sağlanmıştır. Bunlar;

- Sinyal üretici ile
- Resimden okuyarak
- Kameradan alarak

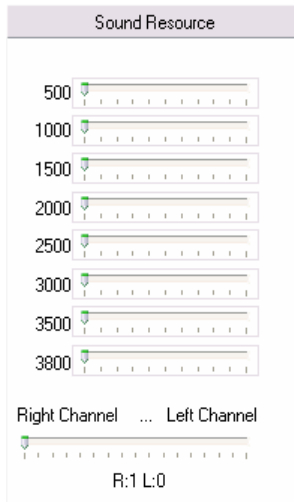
Arayüzde sinyal üretici ile ses üretme olanağı sağlanmıştır. Ses üretmenin, tüm ses sinyallerinin toplanarak nasıl yapıldığı bu sayede anlaşılabilir. Birden fazla ses sinyalinin değişik oranlarda ve değişik frekanslarda toplanarak nasıl çalındığı ve her ses sinyalinin hiçbir bozulma olmadan aynı anda çalınabildiği bu seçenek ile incelenebilir hale gelmiştir.

Resimden okuyarak ses üretmek ise, statik bir resim dosyası okunduktan sonra tarama şekline göre resim piksellerinin her biri işleme alınır ve ses sinyalleri

oluşturulur. Resimden ses sinyallerinin oluşturulması seçeneği, ideal ortam olarak kabul edilebilir. Objelerin hatlarının düzgünlüğü ve hareketsiz olmaları ideal bir ortamda objeleri sese dönüştürme konusunda inceleme olanağı sağlamıştır ve sistemi öğrenmeyi daha kısa süre içinde tamamlamada yardımcı olacaktır.

Kameradan veri alma seçeneği projenin görme engelli insanlar ile direkt ilgili tarafıdır. Çevreyi etraflayan objeler kamera ile sisteme aktarılır ve görme ile tasvir edilebilecek ses sinyallerine dönüştürülür. Bu ideal olmayan sistemin, ortamdaki objeleri daha iyi algılayabilmesi için görüntü iyileştirme, parazit azaltma ve renk azaltma, gri tonlama, edge belirleme gibi tekniklerden faydalanılmıştır.

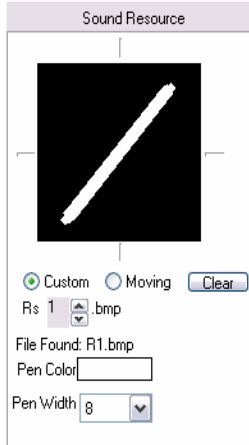
### ***Sinyal üretici ile ses üretmek***



**Şekil 6.3: Ses Üretme Seçeneği**

500 ile 3800 Hz arasındaki 8 değişik ses tonunu değişik oranlarda tayin ederek ses üretebilmektedir. Sağ kanal ve sol kanal ayrımı yapabilmektedir. Tüm prototip buradan yola çıkarak genişletilmiş ve istenen sistem halini almıştır. Değişik frekanstaki sesleri değişik oranlarda genliklerini tayin ederek nasıl sesler çıkacağı konusunda bilgi vermektedir. Hangi frekansın ne kadar baskın olduğunu ve özellikle olarak her frekansın beyindeki algılama tepkisi bu sayede incelenebilmektedir.

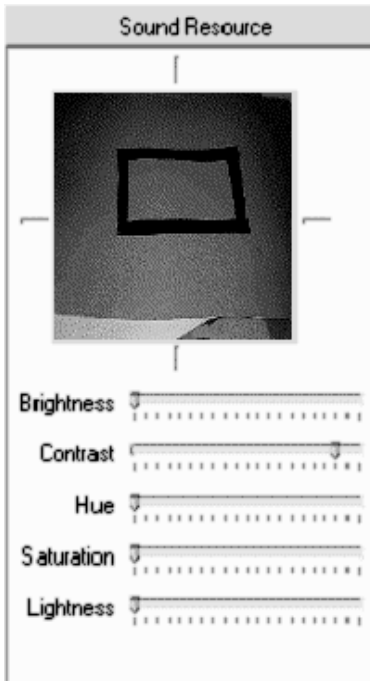
### *Resimden okuyarak ve resim çizerek*



Şekil 6.4: Resim Okuma Seçeneği

Ses üretmenin ikinci seçeneği resim dosyasını okuduktan sonra bu resmi sese dönüştürmektir. Salt geometrik şekilleri sese dönüştürerek, beynin en basit haliyle bu sistemi algılamasına yardımcı olur. Sistemi ilk kullanan bir kullanıcı için ilk olarak basit geometrik şekilleri algılamaya çalışması ve bunları öğrenmesi doğru olacaktır. Kameradan tarama yapıp sese çevirmeden önce uzun bir süre basit geometrik şekillerde çalışma yapmak sisteme alışma ve sistemi öğrenme sürecini kısaltacaktır.

### *Kameradan okuyarak*

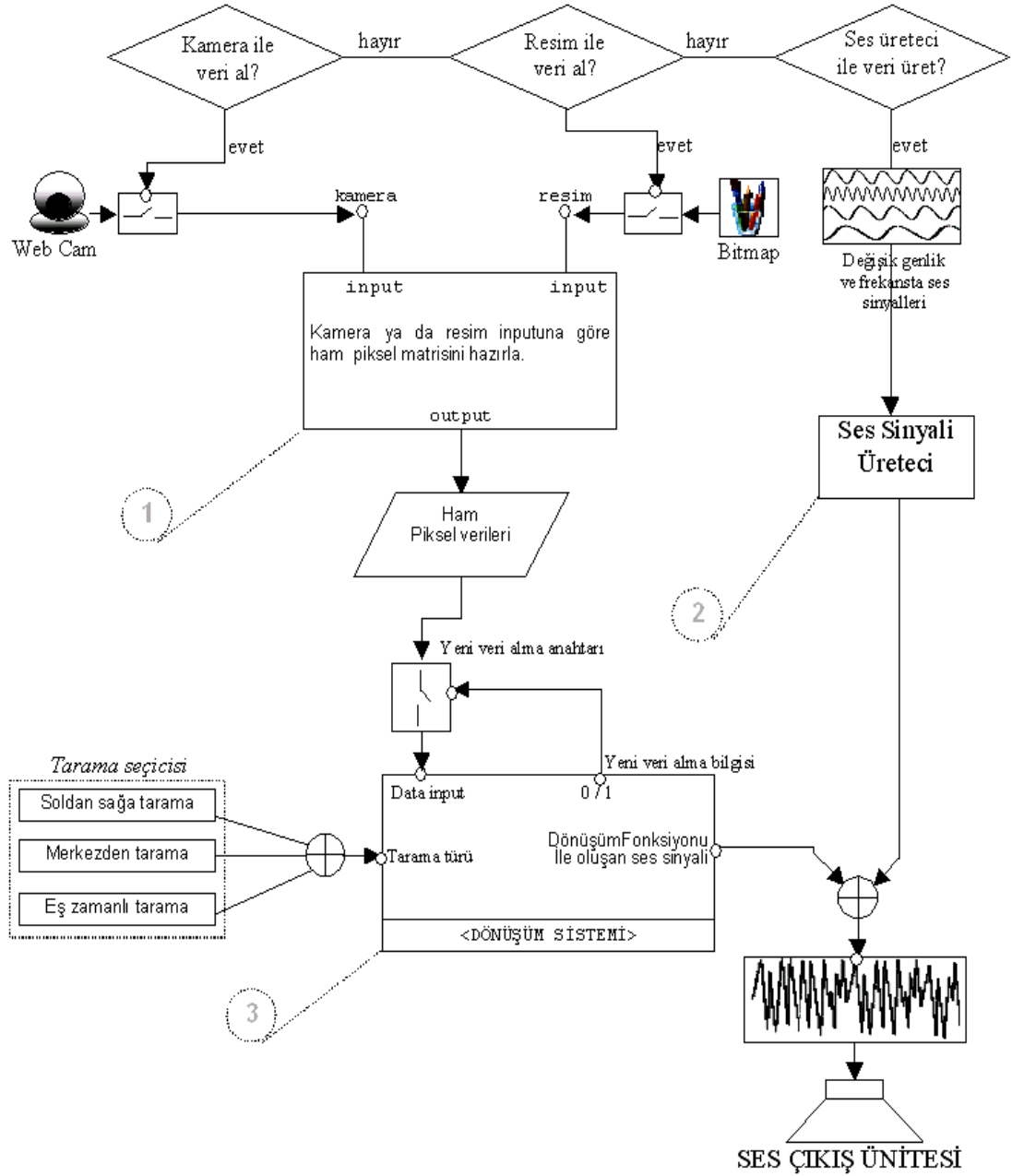


Şekil 6.5: Kamera Okuma Seçeneği

Ses üretmenin üçüncü seçeneği kameradan okumadır. Resim ile okuma, objelerin algılanmasının ideal ortamda gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak ihtiyaç duyulan en önemli unsur gerçek hayatın içindeki etraftaki objelerdir. Bu objelerin algılanması için kamera ile etraf verileri alınıp bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Bu seçenek ile görüntüler bir web kamera ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır ve görüntü→ses dönüşüm işlemleri yapılmaktadır. Bu sayede etraftaki objelerin natürel ses dönüşümü sağlanabilmektedir. Natürel ses dönüşümü, objelerin renk, konum parametrelerini kaybetmeden bu parametreleri ses üretmede genlik, konum, frekans bilgisi haline getirmek anlamında kullanılmaktadır.

Sistemin nasıl çalıştığını anlamak ve ileriye yönelik projelerin geliştirilmesinde ve hız kazanılmasında yardımcı olmak amacıyla sistemin blok diyagramı hazırlanmıştır. Sistemde görüntü tarama, taranan görüntünün ses sinyallerine dönüştürülmesi blok diyagramlarla anlatılmıştır.

### 6.3.2.Sistem Blok Diyagramı



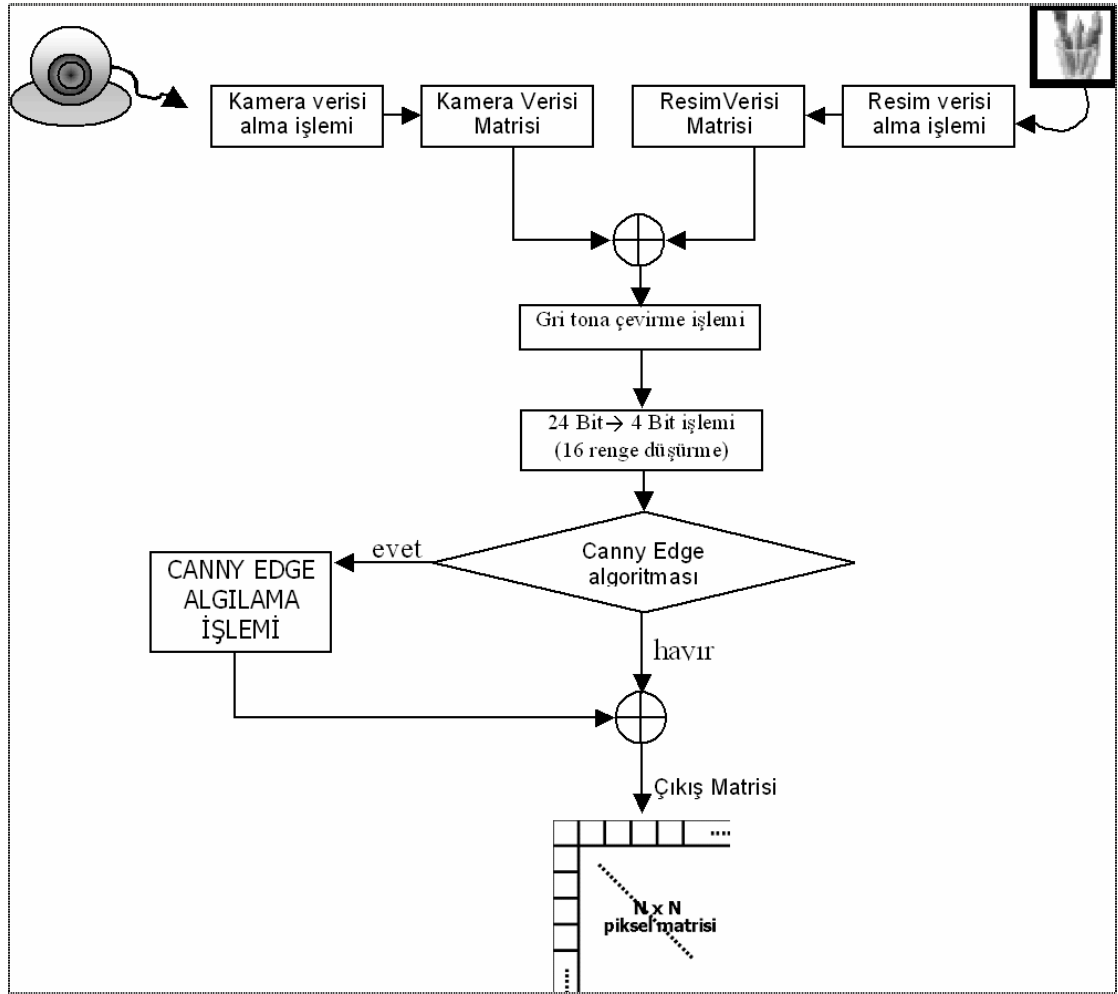
Şekil 6.6: Sistem-Blok Diyagramı

Sistem, yukarıdaki blok diyagramda görüldüğü gibi tasarımlanmıştır Sistemde ses üretme kaynağı Kamera, Resim ve Ses Sinyali üreticisi ile sağlanabilmektedir. Hangi kaynak seçilmişse sadece o kaynaktan gelen veri kullanılacak ve ses çevrilecektir. Bunlardan ses üreticisi ile üretilen seslerde işlem esnasında herhangi bir dönüşüm ya da resim işleme işlemi söz konusu değildir. Sistemde 3 ayrı bölüm bu blok diyagramının alt diyagramları olarak detaylandırılmıştır. Bunlar:

- 1- Kaynak verisine göre ham piksel matrisinin hazırlanması,
- 2- Ses sinyal üreticinin içyapısı,
- 3- Piksel matrisi hazırlandıktan sonra, bu matrisi kullanarak ses sinyallerinin üretilmesi için gerekli dönüşüm fonksiyonunun blok diyagramıdır.

Web kameradan ve resimden bilgileri aldıktan sonra kullanılabilir piksel bilgisi elde etmek için, görüntü bilgisinin doğal algılatmasını bozmadan, piksel matrisi oluşturulur. Tüm piksellerin dönüştürülme işlemi bittiğinde piksel matrisi hazırlanmış olur. Bu işlemin hızı, kamera görüntü yakalama hızıyla doğru orantılıdır. Kamera yaklaşık 25 FPS görüntü üretebiliyorsa, saniyede yaklaşık 25 piksel matrisi üretililebilecektir. Kamera saniyede 25 piksel matrisi üretebilmesine karşın, bir saniyede üretilip sese çevrilebilecek piksel matrisi sayısı 25 ten daha az olabilir. Çünkü çevrim işlemleri, görüntü iyileştirme işlemleri, toplam işlem süresini artıracığından saniye başına düşen işleme alınacak piksel matris sayısını düşürecektir. Pikselin, görüntü bilgisinin natürelliğini bozmadan ses üretilmesi, pikselin y konumunun frekans değişimine, X konumunun sol ve sağ kanal çıkış katsayısına, pikselin ışık şiddetinin ses sinyalinin genliğine dönüştürülmesi ile mümkündür. Aynı zamanda piksellerin taranmasına göre de üretilen ses sinyalleri ve üretilme zamanları da farklılık gösterecektir. Eş zamanlı taramada tüm resim anlık olarak tarandığından bir bekleme öz konusu değildir, merkezden tarama eş zamanlı taramaya göre daha yavaştır ancak soldan sağa taramaya göre iki kat hızlıdır. Bunun paralel olarak, soldan sağa taramaya göre daha az detay, ancak eş zamanlı taramaya göre daha fazla detay algılatır.

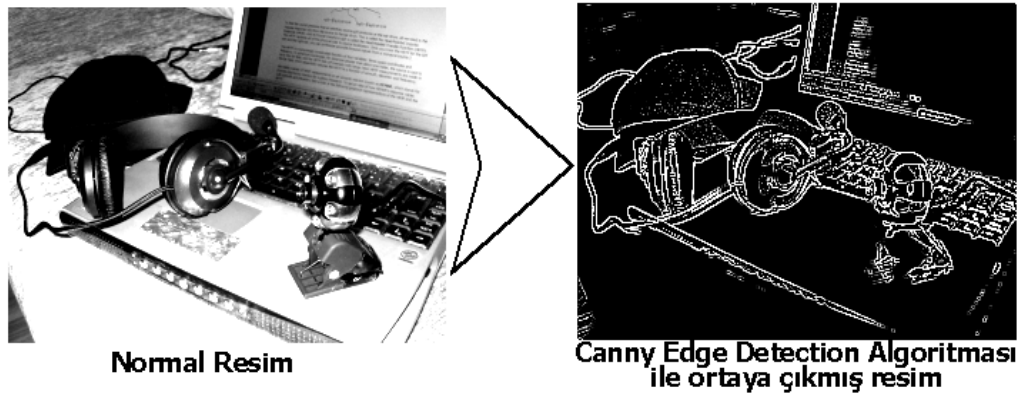
### Piksel Kaynağına Göre Ham Piksel Matrisini Hazırlama İşlemi



Şekil 6.7: Piksel Kaynağına Göre Ham Piksel Matrisini Hazırlama İşlemi

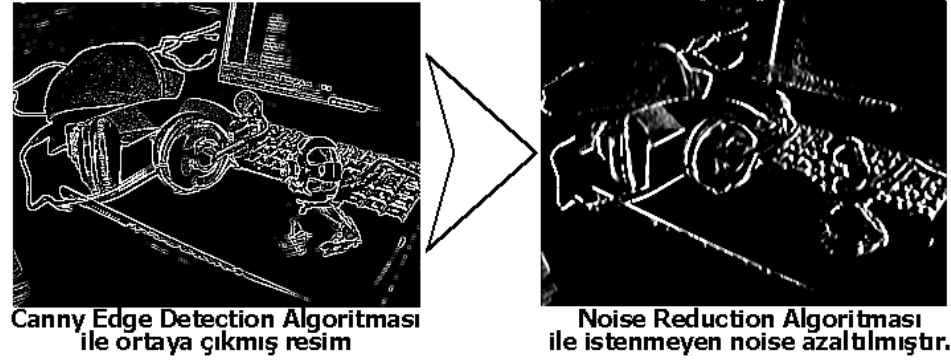
Ham piksel verisi, ya kameradan gelen veri, ya bir resim dosyasından gelen veri ya da kullanıcının o anda çizdiği resimden gelen veri ile oluşturulabilir. Kamera sürücülerini (bu projede kullanılan SoC-PC standart Web Kamera) kamera pinlerinden aldıkları Ham Veriyi (Raw Data) bilgisayar ortamına taşır. Bilgisayarda tutulan bu kamera görüntüleri istenilen formatta ve çözünürlükte resim olarak elde edilir. Veri kaynağı kamera seçilmişse kamera görüntü bilgisi ham piksel matrisine aktarılır, kaynak resim bilgisi ise resim bilgisi ham piksel matrisine aktarılır. Piksel matrisi oluşturulduktan sonra piksel matrisinin 24 bitlik renk derinliğine sahip elemanları Windows'un API ile 4 bit'e düşürülür. Win32 API ile resmin renk paleti 4 bitlik yapıldığında ve bu palet resme yüklendiğinde resim 16 renk ve gri ton halini alır.

Şu halde elde edilen görüntü bilgisi 16 renkli ve gri tonda bir resim olacaktır. Etraftaki görüntüleri daha detaylı ve kıvrımlarını daha belirgin hale getirmek için edge iyileştirme yöntemi kullanılabilir. 16 renkli gri tonlu resim Canny edge algoritmasından geçirildiğinde resimdeki objelerin köşe hatları, kıvrımları, kenarları çok daha belirgin hale gelecek ve yüzey teşkil eden aynı renkli pikseller görünmeyecektir. Böylece objenin kabaca hatları çok daha kolay ayırt edilebilecek ve objenin ebat ve konum bilgisini veren ses sinyallerinden başka bir ses üretilmeyecektir.



Şekil 6.8: Canny Edge Algoritması ile Objenin Hatlarının Ortaya Çıkarılması

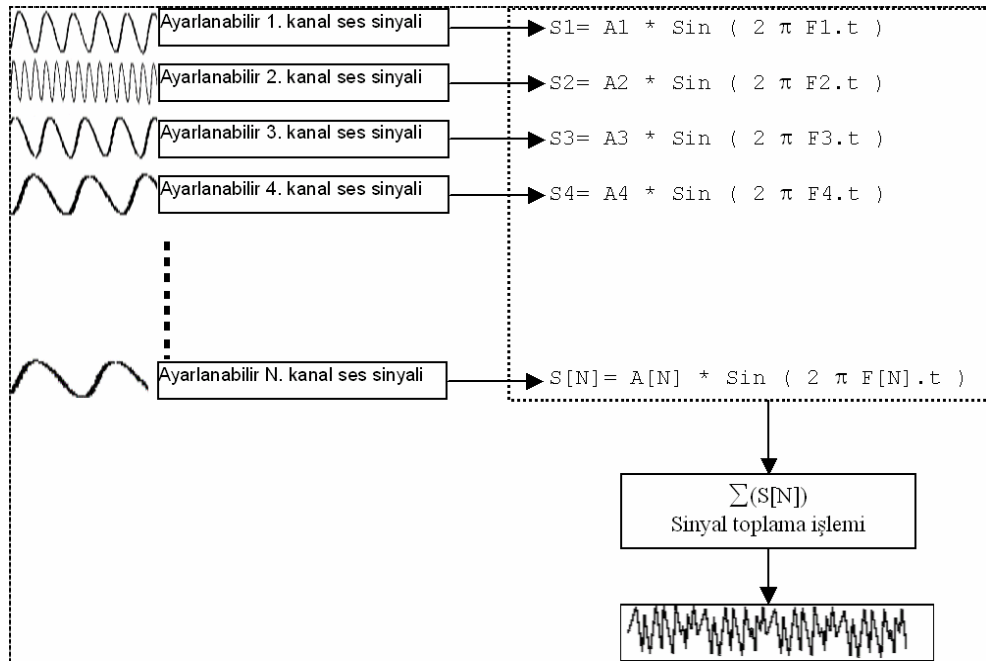
Aynı zamanda kirlilik azaltma (Noise Reduction) yöntemleriyle Canny edge algoritmasının daha iyi çalışmasını sağlayabiliriz. Median Cut algoritması ile resimdeki kirlilik biraz da olsa azaltılabilir. Median Cut Algoritması, resmin piksellerini solda –sağa ve yukardan aşağıya sırasıyla tarar, her pikselin çevresindeki pikselleri toplar ve bu piksellerin ortalamasını alarak yeni piksel değerini elde eder ve geçerli olan pikselin yerine bu pikseli günceller. Piksellerin ortalamasını alırken ne kadar az piksel kullanılırsa o kadar işlem fazla sürecektir, ancak sonuç daha başarılı olacaktır.



Şekil 6.9: Noise Reduction Algoritması ile resimdeki kirliliğin azaltılması

Bu yöntem sayesinde obje hatları tayini daha başarılı olacaktır ve algılama esnasında bozuk ve algılamada güçlüğe neden olacak piksellerden arındırılmış olacaktır. Görüntüde sadece objeleri tanımlayabilecek pikseller kalacaktır ve bu da işleme sokulacak piksel sayısını azaltacağından işlem süresi çok daha kısalmaktadır.

#### **Ses Sinyali Üretici Blok Diyagramı**



Şekil 6.10: Ses sinyali üretici blok diyagramı

Ses sistemi üreticinin geliştirilmesi ve kullanılabilir hale getirilmesiyle, projede tüm ses üretme fonksiyonlarının geliştirilmesi de kolaylıkla gerçekleştirilebilmiştir. Projede ilk olarak bu yöntem denenmemiştir. İlk olarak birden fazla ses kanalını aynı anda aktif ederek her ses kaynağından bir ses sinyalini çalma denenmiştir, ancak seslerde bozukluk olduğu ve verimlilik sağlanmadığından

ses sinyallerinin toplamsallık kuralı ile bu yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem ile başarılı şekilde birden fazla sesi aynı anda ve farklı konumlarda çalabilmek mümkün hale gelmiştir.

Projede kullanılan ses sinyalleri sinüzoidal sinyallerden oluşturulmuştur. Sinüzoidal ses sinyallerinin kullanılmasının birçok nedeni vardır.

- Periyodik olarak üretildiğinde birbirini tamamlayan ve hiç kesiklik göstermeyen sinyaller olması ve bunun da ses üretirken aralarda kesiklik olmadan yumuşak bir ses duyulmasını sağlaması,
- Sinyallerde matematiksel olarak üzerinde işlemler gerçekleştirmek istenildiğinde sinüzoidal sinyallerin birçok matematik yöntemiyle çok iyi örtüşebilmesi,
- Sinüzoidal sinyaller üzerinde işlemler yapıldığında bu sinyaller üzerindeki değişimin kolay formüllerle daha kolay izlenebilmesi

akla gelen ilk nedenlerdir.

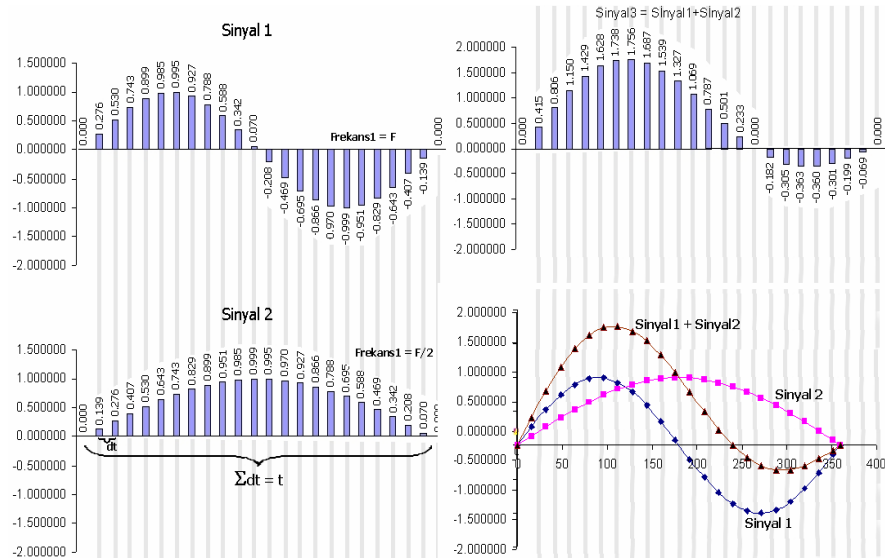
Çoklu ses üretebilmek için birden fazla ses kaynağı kullanılabileceği gibi, birden fazla ses kaynağını kuantalayarak toplamayla da aynı ses üretilenilecektir.

Sistemde birden fazla ses kaynağı ile uzun süre boyunca ses üretme çalışmaları yapılmıştır. Her kaynaktan sadece bir ses sinyali üreterek, tüm kaynakların aynı anda çalınmasıyla ses üretilmeye çalışılmıştır. Sistem bu şekilde çalıştırıldığında, kaynakların senkronize şekilde ses üretmelerinin devamlılığın sağlanamadığı ve bir zaman sonra seste bozulmalar meydana geldiği görülmüştür. Bunun temel nedeni kullanılan PC'nin ses kartının aynı anda 16 sestten daha fazlasını çalamıyor oluşuydu.

Alternatif olarak kullanılabilecek başka bir yöntem ise ses sinyallerinin her ayrı dt saniye birimi için kuantalanıp, her sinyali o anki dt anındaki sinyallerle birlikte

toplanarak çalınmasıyla ses sinyallerini üretmektir. Bu şekilde yapılan denemelerde hiçbir sorun ile karşılaşmadan birden fazla kanalda çoklu sinyalleri aynı anda çalma konusunda tam başarı sağlanmıştır.

Bu şekilde ses sinyallerinin toplanması, sinyaller üzerinde matematiksel işlemler yapma olanağı ve her hangi bir  $t$  anında sinyali değiştirebilme olanağı kazandırmıştır. Bu yöntem ile sistemin aynı anda maksimum üretebileceği ses sinyali ve bunları çalabilmesi tamamen bilgisayar performansına bağlıdır.  $N \times N$  lik bir resimde soldan sağa taramada her bir sütun ayrı ayrı çalındığından her bir sütunda  $N$  tane piksel olduğuna göre, ilk olarak  $N$  tane piksel konumuna göre işlem görür. Daha sonra her piksel  $N$  tane ses sinyaline çevrilir ve tüm sinyaller her  $dt$  birim zaman için birbiri ile toplanarak üretilecek toplam sinyal oluşturulur. Merkezden taramada aynı anda iki sütun üretilecektir. Her sütun için  $N$  tane piksel olduğundan merkezden taramada  $2N$  tane piksel işlem görecektir. Piksellere, konumlarına göre frekans, ışık şiddeti, genlik ve kanal çıkış kat sayısı bilgisi tayin edildikten sonra tüm bu parametrelere göre dönüşüm fonksiyonları ile her  $dt$  anı için ses sinyalleri üretilecektir ve iki sütunun tüm piksellerinin toplamı için üretilen ses sinyali çalınır.



Şekil 6.11: İki farklı sinyalin toplanarak yeni bir sinyal oluşturulması

Şekilde iki sinyalin her  $dt$  anındaki toplamaları gösterilmiştir. Yeni oluşacak sinyalin  $dt$  anındaki değeri iki sinyalin  $dt$  anındaki değerlerinin toplamıdır ve  $t$  süre

sonunda tüm dt anındaki sinyallerin toplanması ile yeni sinyal oluşturulmuş olacaktır. Yeni oluşan sinyal içinde birçok ses sinyalini oluşturan ses dalgaları olacaktır.

Ses sinyallerinin; genliklerinin  $G_1(X)$ ,  $G_2(X)$ , ...  $G_N(X)$  ve Frekanslarının da  $F_1$ ,  $F_2$ , ...,  $F_n$  olduğunu düşünelim.

Tüm bu sinyallerin toplamından oluşacak yeni ses sinyali modeli;

$$\text{Sinyal}_{\text{YENİ}} = G_1(X) * \sin(2\pi F_1) + G_2(X) * \sin(2\pi F_2) + \dots + G_N(X) * \sin(2\pi F_N)$$
 olacaktır. ... (6.1)

$$G(\text{Piksel}) = \text{Piksel}_{\text{KanalÇıkışKatsayısı}} * \text{Piksel}_{\text{Genlik}}; \dots (6.2)$$

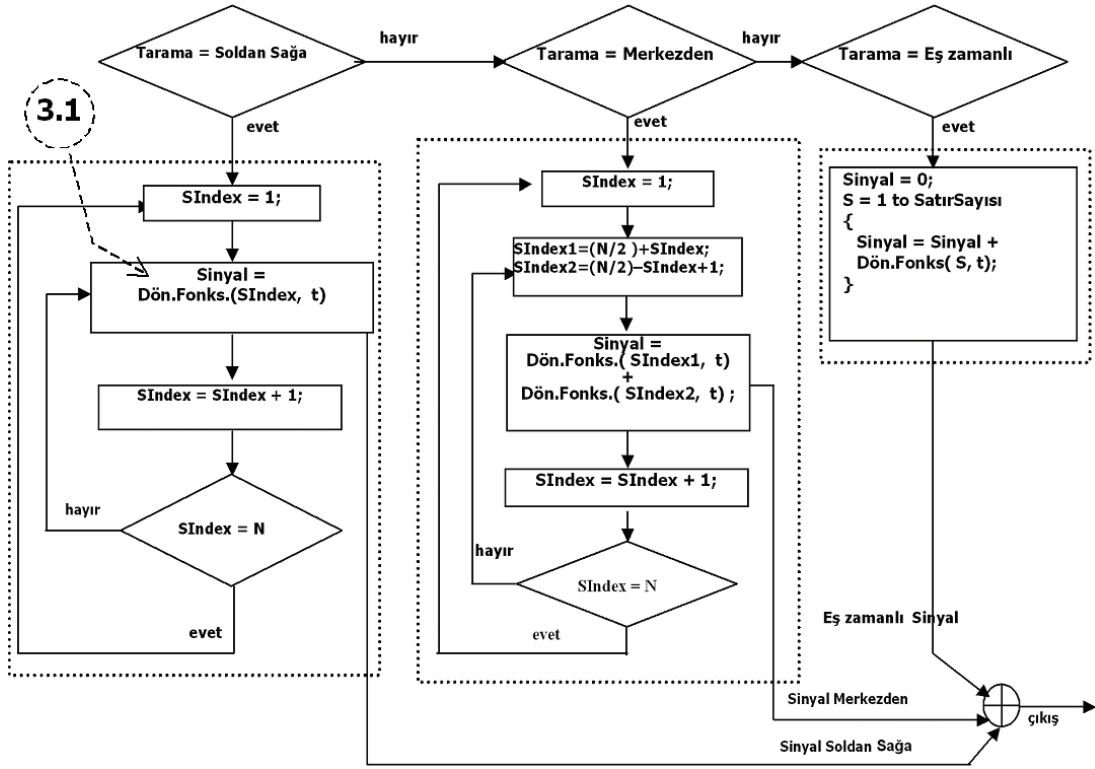
şeklinde ifade edilir.

Bu işlem her dt birim zamanındaki toplam ses sinyali için yapılmalıdır. Yeni ses sinyali oluşturulduğunda, tüm değerleri wav yapısına uygun hale getirilir ve ses bilgisi olarak alınır. Ses sinyali üretici tamamen bu işlemlerden sorumludur.

### ***Dönüşüm Sistemi Blok Diyagramı***

Piksel Matrisi, tarama tipine göre değerlendirilir. Soldan sağa, Merkezden ya da Eşzamanlı tarama yapılabilir. Her taramada sütunlar sırayla taranır ve tarama şekline göre sütunların işleme alınması şekli değişir. Ancak tüm taramada da sütunların tüm satır piksellerinin ses sinyallerine geçişi için Dönüşüm fonksiyonu kullanılır.

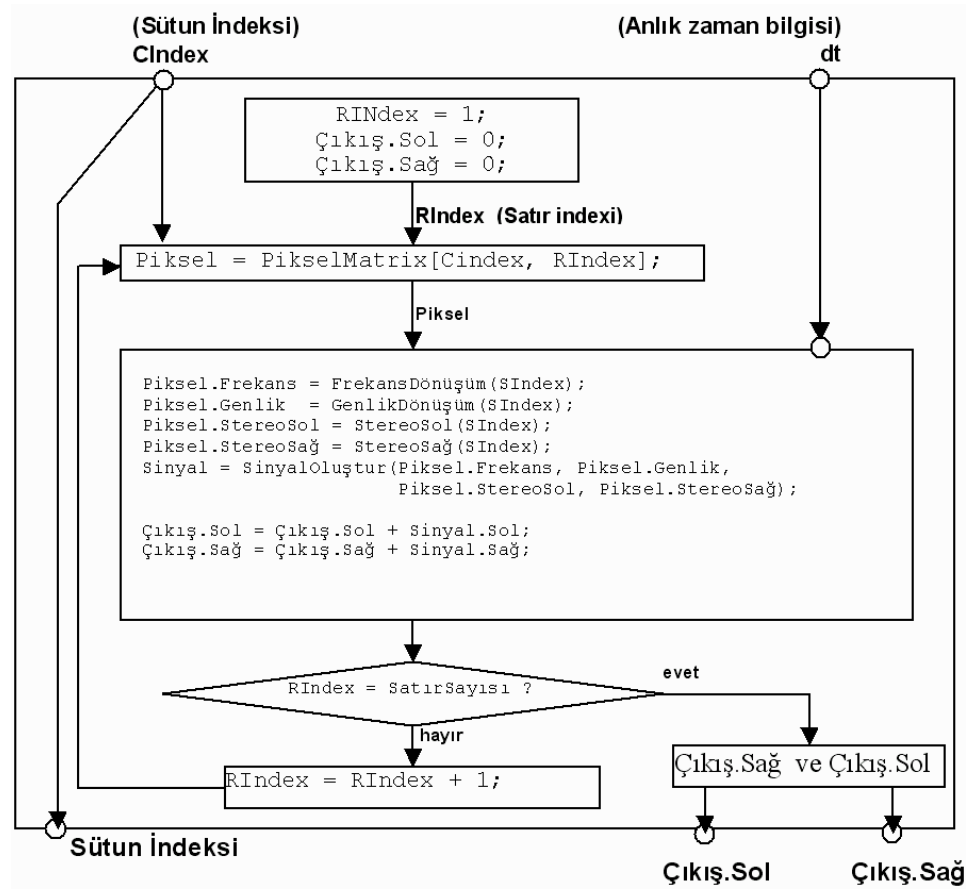
N : Sütun Sayısı;  
 SIndex : İşlenmeye alınmış sütunun indeksi.



Şekil 6.12: Dönüşüm Fonksiyonu Sistemi Blok Diyagramı

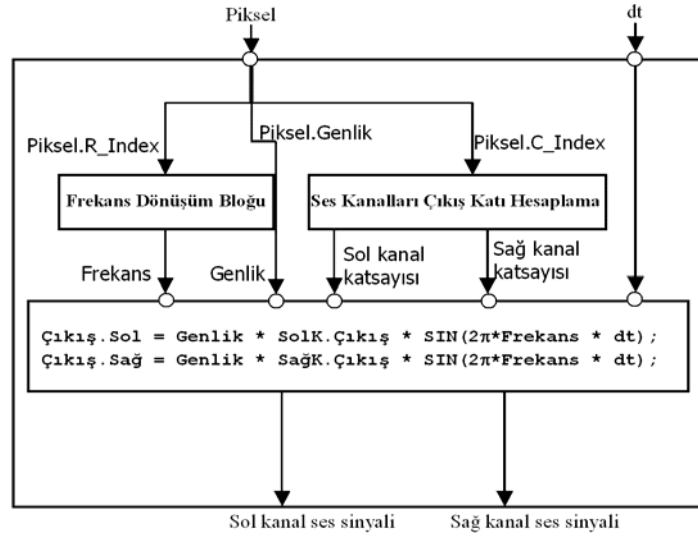
### *Dönüşüm Sistemi ve Sütun Dönüşüm Fonksiyonu Blok Diyagramı*

Dönüşüm fonksiyonunda sistemdeki ana fonksiyon denebilir. Resmi bir bütünden bir parçaya düşürdüğümüzde en küçük yapı birimi olarak pikseller karşımıza çıkmaktadır ve her pikselin resimdeki sütun bilgisi, satır bilgisi ve ışık şiddeti bilgisinin insan beyninin ses ile algılaması ve gerekli dönüşümlerinin yapılması için bu fonksiyon görev almaktadır. Bir resmin tüm pikselleri bu dönüşüm fonksiyonuna sokulur ve her piksel, anlamlı ses sinyallerine dönüştürülür. Aşağıdaki şekilde, resimdeki sütun ve satır bilgisine göre seçilmiş bir pikselin dönüşüm fonksiyonu ile işleme sokulduğunda hangi aşamalardan geçtiği görülmektedir.

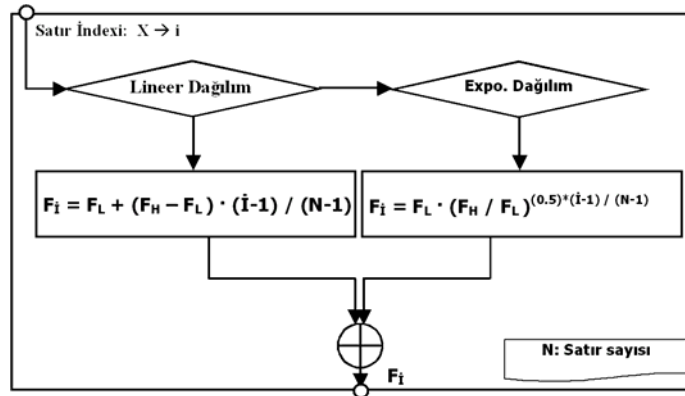


Şekil 6.13: Sütun Dönüşüm Fonksiyonu Blok Diyagramı

Pikselin satır bilgisine göre frekans, sütun bilgisine göre sol ve sağ kanal genlik katsayısı tayin edilir. Bu parametrelere göre dt anındaki ses sinyali elde edilir. Bu işlem tek bir piksel seçildiğinde yapılan işlemdir, bu işlem her piksel için tekrarlanır ve sistemin veri matrisini tarama şekline göre bu fonksiyonun kullanım şekli değişir. Tarama soldan sağa ise her sütun için yapılan ayrı ayrı işlemlerde her sütunun pikselleri bu fonksiyona sokulur ve tüm sütun piksellerinin dönüş fonksiyonunun çıkış verileri toplanarak o sütunun dönüşüm sonrasındaki eşdeğer ses karşılığı elde edilmiş olur. Tarama merkezden ise işleme aynı anda iki sütun alınacağı için pikseller bu fonksiyona sokulduğunda bu iki sütunun tüm piksellerin dönüşüm fonksiyonuna sokulmasıyla ses elde edilecektir. Eş zamanlı taramada sütun temelli işlem yoktur. Resmin tüm pikselleri dönüşüm fonksiyonuna sokulur ve elde edilen ses sinyallerinin hepsinin toplamı tüm resim hakkında anlık ses bilgisi verir.

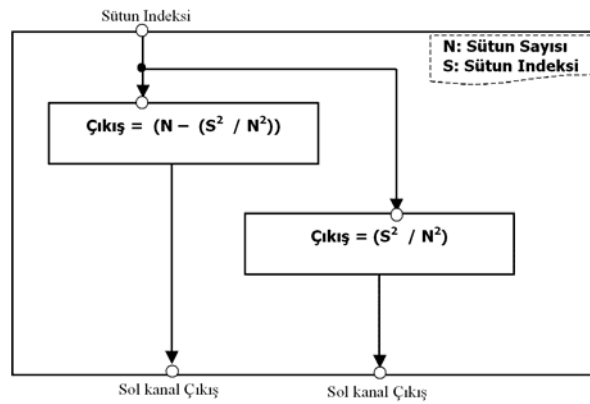


Şekil 6.14: Piksel Dönüşüm Fonksiyonu Blok Diyagramı



Şekil 6.15: Pikselin ses dönüşümde frekans Tayini

Piksellerin frekans tayini, frekansın dağılım şekline göre değişim gösterecektir. Frekans dağılımı lineer ya da eksponansiyel olabilir. Bu seçime göre tayin edilecek frekans gerekli hesaplamalar yapılarak elde edilir.



Şekil 6.16: Pikselin ses dönüşümde Kanal Çıkış Katsayısı Tayini

Sol kanal ve sağ kanal çıkış katsayıları yukarıdaki blok diyagramda görülen fonksiyonlara sokularak elde edilir ve ses üretme aşamasında bu veriler kullanılır. Aşağıda sütun temelli ses üretme algoritması gösterilmiştir.

**Algoritma 1: Bir sütunu, sütunun tüm piksellerini kullanarak ses sinyallerine dönüştürme**

```

Dönüşüm Fonksiyonu( SIndex: SatırIndeksi; t:Zaman)
i = 1 to Sütun[SIndex].Satır_Sayısı
{
  P[i] = Piksel[Sütun[SIndex].Satır_Sayısı];

  P[i].Frekans = FrekansDönüşüm(SIndex);
  P[i].Genlik = GenlikDönüşüm(SIndex);
  P[i].StereoSol = StereoSol(SIndex);
  P[i].StereoSağ = StereoSağ(SIndex);

  Sinyal[i].SolKanal = P[i].StereoSol * P[i].Genlik * Sin (2 $\pi$  * P[i].Frekans * t );
  Sinyal[i].SağKanal = P[i].StereoSağ * P[i].Genlik * Sin (2 $\pi$  * P[i].Frekans * t );
}
Sıfırla(Sinyal_Sol); Sıfırla(Sinyal_Sağ);
i = 1 to Sütun[SIndex].Satır_Sayısı
{
  Sinyal_Sol = Sinyal_Sol + Sinyal[i].SolKanal;
  Sinyal_Sağ = Sinyal_Sağ + Sinyal[i].SağKanal;
}

Sonuç.Sol = Sinyal.Sol; Sonuç.Sağ = Sinyal.Sağ;

```

## 6.4.Resimlerin Ses Tasvir Yöntemi

Etraftaki objelerin, kendi içinde barındırdıkları özellikleri kaybetmeden, bu projede algılanabilir ses sinyallerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Objelerin ışık şiddeti, yatay konumu ve dikey konumu gibi parametreleri ses sinyallerindeki genlik, frekans ve stereo kanal çıkış katsayıları ile tasvir edilmiştir ve bu dönüşüm çok başarılıdır. Ancak objelerin resimdeki konumlarını algılamak, nerede objenin var olup olmadığını belirlemek nasıl bir yöntem kullanılacağı objenin o anki durumuna bağlıdır. Obje hareket ediyorsa ya da hareketsiz duruyorsa ya da birden fazla obje varsa bunların anlaşılması için nasıl bir yöntem kullanılacağı belirlenmelidir.

Daha önce geliştirilmiş projelerde soldan sağa tarama kullanılmıştır. Resim en sol sütundan başlayarak sağa doğru sütunların piksellerini sese çevirerek objelerin

varlığı ve konumu hakkında bilgi vermektedir. Böyle bir taramada problemler oluşacaktır. Objenin hareketli olduğu düşünülürse bu tarama ile objenin resim içinde yakalanması ve konumunun algılanması mümkün değildir. Çünkü bir resmin tümünün algılanması için tüm resmin sütunlarının soldan sağa taranması gerekecektir ve beynin algılama yeteneğinin çok hızlı olduğu düşünülürse işlem süresi önemsenecek kadar uzun kalacaktır. Obje hareket halinde iken o anda taranan sütunda obje yer almayabilir, tarama esnasında taranan sütunda o anda hareket eden obje yer alsa bile bu bilgi bu objenin konumunu hatta hareket ettiğini algılatamayacaktır. Bir objenin hareketinin algılanabilmesi için en azından aynı anda iki ayrı noktadan aynı objeye ait ses sinyalinin duyulması gerekmektedir. Bu da soldan sağa tarama ile mümkün değildir. Merkezden taramada bu bir nevi mümkün hale gelebilmektedir. Bu projede merkezden tarama, soldan sağa taramadan eş zamanlı taramaya geçişte, eş zamanlı taramaya doğru gidildikçe hareket eden objelerin algılanmasındaki iyileşmeyi göstermek için seçenek olarak kullanılmıştır.

Obje hareketli ise hareket eden objeyi merkezden tarama ile algılamak mümkün olacaktır. Obje bir resmin bir pikselinden diğer pikseline hareket ediyorsa, merkezden taramada bu hareketi yakalamak mümkündür. Eğer obje ilk hareketinde resmin bir yarısında iken diğer hareketinde resmin diğer yarısında görünürse bu objenin hareket ettiği anlaşılabilir. Sol ve sağ resim sürekli aynı anda tarandığı için, objenin resmin sağından soluna ya da solundan sağına geçmesi halinde tarama esnasında resmin bir yarısından diğer yarısına geçiş yapan ses sinyalleri üretecektir ve nerede olduğu anlaşılacaktır. Ancak obje her iki hareketi de resmin aynı yarısında gerçekleştiriyorsa bu hareketi yakalama merkezden tarama ile mümkün olmayabilir. Çünkü obje hareket halinde iken o anda taranan sütunun objenin bulunduğu sütun olma olasılığı azalmıştır ve o sütunda bulunsa bile bir sonraki taramada aynı sütunda yakalayamayacağı için objenin konumunun anlaşılabilirliği zor olacaktır. Eş zamanlı taramada objelerin hareketleri çok rahat anlaşılabilir. Çünkü tarama eş zamanlı yapılmakta ve bir zaman parametresi olmadığı için sistemde gecikme, bekleme gibi unsurlar ortadan kalkmaktadır. Eş zamanlı taramada, objelerin hareketi anlık olarak algılanabilir. Hatta eş zamanlı tarama için, bu taramada hareketli objelerin daha iyi algılandığı ve hareketsiz objelerin algılanmasının diğer taramalara göre daha verimsiz olduğu söylenebilir. Çünkü eş zamanlı tarama yönteminin

Çalışma mantığı tüm piksellerin dönüşüm fonksiyonu ile sinyallere dönüştürülmesi, toplanması ve bu sinyallerin aynı anda çalınması olduğu için, tüm objelerin aynı anda sürekli aynı sesi üretmesi beyinde objelerin konumlarını ayrı ayrı algılanmasını güçleştirecek ve geciktirecektir. Ancak üretilen aynı sesler arasında birkaç ses değişimini beyin çok kolay algılayacaktır. Bu yüzden birçok duran objenin yanında hareket eden bir obje bile olsa eş zamanlı tarama ile hareketsiz objeler tanımlanmasa bile hareket eden objenin konumu ve yönü tasvir edilebilecektir.

Soldan sağa taramanın, hareketsiz duran objeleri beyne algılatması çok daha kolay olduğu söylenebilir. Çünkü hareketsiz duran ojeler soldan sağa sıra ile taranacağından her taramada, o taranan sütün küçük bir gecikmeyle algılanabilir ve sonra diğer sütün taranarak, stnda varolan objeler sese dönüştürülmeye devam edecektir. Soldan sağa tarama T zamanda gerçekleşiyorsa ve resim N stndan oluşuyorsa, bu taramada bir stnu tarama süresi  $t = T / N$  olacaktır.

Tarama “merkezden çift sütün” olarak seçilirse, resmin merkezinde tarama işlemi başlayacaktır, Merkezden sola ve merkezden sağa sürekli tarama yapılacak ve aynı anda paralel iki farklı ses retiliecektir. Resmin; sol tarafı, sol ses çıkış kanalları yoğunluklu, sağ tarafı sağ ses çıkış kanalları yoğunluklu sesler ile tasvir edilecektir. Merkezden taramada iki sütün aynı anda tarandığı için işleme alınacak sütün sayısı yarıya düşecektir. Yani N tane sütünün taranması için sağdan sola taramada N/2 tane sütün taranması için gerekli olan süre bu taramada yeterli olacaktır. Bir tane sütün tarama süresi T/N olarak bulunduğuna göre Merkezden tarama toplam süresi  $t = (T/N) * (N/2)$  olacaktır. Bu da Merkezden tarama için geçen srenin T/2 olduğunu göstermektedir.

Eş zamanlı tarama seçilirse, zaman parametresi kullanılmayacaktır. Resmin tüm stnları aynı anda işleme alınacak ve her sütünün ses çıkış kanalları aynı anda ses üreteceklerdir. Stnların konumuna göre ses sinyallerinin çıkış kanallarının sola ya da sağa yakınsaması değişecektir. Sola yakın stnlar sol taraftan, sağa yakın stnlar sağ taraftan ses çıkacak şekilde tasvir edilecektir. Sola ya da sağa yakınlık derecesine göre sol ya da sağ kulaktan sesin duyulma derecesi de değişecektir. Sağ ve sola yakınlıkları eşit ya da eşite yakın stnlarda sesler hem sağ hem de sol

kanaldan çıkacak şekilde birbirine çok yakın derecelerde üretilecektir ve stereo etki ile insan beyni sesi ortalarda algılayacaktır. Eş zamanlı taramada tüm sütunlar aynı anda taranacaktır. Yani N tane sütunu taramak için soldan sağa taramadaki bir tane sütunu tarama için gerekli süre yeterli olacaktır. Bir tane sütun tarama süresi  $T/N$  olduğuna göre Eş zamanlı taramada bir resim için tüm işlem süresi  $t = (T/N)$  dir. Eş zamanlı tarama çok hızlıdır, soldan sağa tarama hızının N katı kadardır. Soldan sağa taramaya göre N katı kadar resim taraması gerçekleştirebilecektir. Soldan sağa taramada bir saniyede x tane resim taranıp ses ile tasvir edilecekse, Merkezden taramada 2x resim tasvir edilir ve Eşzamanlı taramada resim sayısı  $N \cdot x$  olacaktır. Eş zamanlı taramada objelerin hareketlerini anlık olarak yakalamak mümkün olacaktır. Ancak resimde hareket eden obje sayısı arttıkça tüm objelerin aynı anda hareketini algılamak çok zorlaşacaktır.

Aşağıda bazı şekiller ve bunlara karşılık üretilecek sesler anlatılmıştır.



Şekil 6.17: Soldan sağa lineer artan ses tasviri

Tarama eğer soldan başlayıp sağa devam ediyor ise ilk sütunun taranması sonucunda bulunan piksel grubu sol tarafta ve resmin altında olacaktır. Piksel sol tarafta olduğu için üretilecek sesin sol kanal çıkış katsayısı, sağ kanal çıkış katsayısına göre oranla çok daha fazla olacaktır. Sol kanal ses çıkış katsayısı 1'e yakınsadıkça, sağ kanal ses çıkış katsayısı 0'a yakınsar. Bu ifadenin tersi de geçerlidir.

Pikseller sol aşağıdan sağ yukarıya doğru ilerlediği için, üretilen sesler düşük frekanslı olarak sol taraftan duyulmaya başlayacak ve sağ tarafa doğru yükselen frekansla lineer şekilde devam edecektir. Burada notaları sürekli yükselen ve soldan sağa doğru geçiş yapan bir ses düşünülebilir.

Merkezden sağı taramada, resimdeki piksellere göre sol-alttan sağı-üste doğru bir ses üretecektir. Bu ses soldan-sağı tarama ile oluşturulan sese çok benzeyecektir. Soldan sağı tarama esnasında resmin yarısından itibaren oluşturulan ses ile Merkezden-sağı taramada resmin sağı tarafında oluşturulan ses birbiri ile aynıdır. Merkezden-sola taramada ise pikseller sağı-üstten sol-alta doğru ilerliyor gözükmemektedir. Bunların ses tasviri yapıldığında yüksek frekanslı bir sesin frekansının sürekli düşerek sola doğru hareket ettiği duyulacaktır. Merkezden tarama yapıldığında sol tarafta üretilen ses ile sağı tarafta üretilen ses aynı anda duyulacaktır. Sol taraftaki sesler sol kanaldan, sağı taraftaki sesler sağı kanaldan çıkacaktır. İnsan beyninin bu sesleri algılaması, soldan sağı tarama sonucu üretilen sesleri algılamasına göre daha karmaşık olacaktır. Çünkü soldan sağı taramada tek çözümleme gerçekleştirilecektir ve çözümleme süresi tüm resmin taranması kadar bir sürede gerçekleşecektir. Ancak merkezden taramada beyin iki çözümleme gerçekleştirecektir ve resim ikiye bölünerek tarandığından çözümleme süresi soldan-sağı taramanın çözümleme süresinin yarısı kadar olacaktır. Merkezden taramada aynı anda çözümlenecek piksel bilgisi iki katına çıkmış ve algılama için verilen süre yarıya düşmüştür.

Eş zamanlı tarama yapıldığında sütun sayısı kadar ses sinyali aynı anda üretilenektir. Resimdeki Sol alttaki pikseller düşük frekansta ve sol kanal ağırlıklı seslerle, sağı üstteki pikseller yüksek frekansta ve sağı kanal ağırlıklı seslerle, ortadaki sesler orta ölçekli frekansta ve hangi tarafa daha yakınsa o tarafın kanalı biraz daha ağırlıklı olmak üzere oluşturulacak seslerle tasvir edilir ve tüm sesler aynı anda duyulur.



Şekil 6.18: Frekansı sabit tutulmuş soldan sağı ses

Yukarıdaki şekilde resmin yatay ortasında, soldan sağa uzanan düz bir çizgi bulunmaktadır. Bu görüntü soldan sağa tarama ile tarandığında, üretilecek ses ilk olarak sol taraftan ve orta frekans ölçeklerinde duyulacaktır ve taranan sütunlar sola doğru ilerledikçe üretilecek ses de sola doğru ilerleyecektir, ancak pikseller dikey konumu değişmediğinden ses soldan sağa doğru ilerlerken frekansında hiçbir değişim olmayacaktır. Aynı ses sinyali soldan sağa doğru ilerliyormuş gibi hissedilecektir. Bu ses sinyalleri dönüşü ile düz bir çizginin olduğu hissedilecektir.

Resim merkezden tarama ile tarandığında, sol ve sağ kanallardan frekansı değişmeyen aynı tipte iki ses üretilecektir. Merkezden sola ve merkezden sağa doğru ilerleyen sabit frekanslı iki ses aynı anda duyulacaktır ve bu taramayla da bu objenin düz bir çizgi olduğu anlaşılabilir, ancak soldan sağa tarama kadar belirgin olmayacaktır. Bu objenin yukarı ve aşağı hareket ettiği düşünülürse merkezden tarama, soldan sağa doğru taramaya göre çok daha hızlı olduğundan, bu hareketin algılanması merkezden tarama ile yapıldığında daha efektif olacaktır.

Eş zamanlı tarama yapıldığında, tüm sütunlar aynı anda tarandığından üretilecek ses sabit frekanslı birden fazla sesin toplamı şeklinde duyulacaktır ve her üretilen ses soldan sağa doğru yatay konumda yayılmış şekilde duyulacaktır. Bu şeklin yukarı aşağı doğru hareket ettiği ya da döndürüldüğü düşünülürse bu tarama ile beynin bu hareketlere tepki vermesi diğer taramalara göre çok daha kolay olacaktır. Çünkü objenin hareketindeki değişim anlık olarak sese dönüştüğünden piksellerin konumunun değişimiyle birlikte anlık olarak sesin değişimi çok kolay algılanacaktır.



Şekil 6.19: Soldan sağa değişmeyen çift ses

Şekilde iki adet yatay çizgi görülmektedir. Yatay çizgiler frekansları sabit kalacak iki ayrı frekanstaki ses sinyallerini temsil edecektir. Yukarıdaki yatay çizgi yüksek frekanstaki sesleri, aşağıdaki yatay çizgi düşük frekanstaki sesleri temsil edecektir. Soldan sağa tarama düşünülürse çizgiler soldan sağa doğru olduğundan sesler soldan sağa doğru devam edecektir. Resmi bir bütün halde düşünürsek biri yüksek, biri alçak olmak üzere iki sabit frekanslı ses soldan sağa doğru geçiş yapacaktır. Sesler sabit frekanslıdır çünkü yukarıya ya da aşağı yönde piksel dağılımı yoktur. Aynı yatay ekseninde iki ayrı çizgi, iki ayrı sabit frekanslı ses üretecektir. Resimde merkezden tarama yapılırsa, bu iki düz çizgi sol ve sağ kulağa aynı seslerde dönüşüm yapılacaktır ve merkezden itibaren sola ve sağ doğru hareket eden, frekansı değişmeyen iki ses gibi duyulacaktır. Merkezden sola ve sağa tarama yapıldıkça, sürekli ve değişmeyen sabit frekanslı iki ayrı ses duyulacaktır. Eş zamanlı tarama yapıldığında tüm pikseller aynı anda işleme alınacak, tüm sinyallerin toplamı şeklinde yeni bir sinyal oluşturulacak ve iki farklı frekansta ve sol ve sağ aynı anda iki ses üretilecektir. Bu seslerin stereo konumları resim sütun sayısı kadar farklılık gösterecektir ve frekans olarak değişiklik ise yatay çizgi sayısı kadar farklılık gösterecektir. Resmin pikselleri bazında düşündüğümüzde her bir çizginin kalınlığı birden fazla pikselden oluştuğundan aslında yatay olarak birden fazla piksel olacaktır. Ancak yatay çizginin kalınlığını oluşturan pikseller birbirine çok yakın frekanslarda sesler olacağı için birbirinden farklı ses olduğu anlaşılmayacak ancak resmin üstündeki yatay çizgin frekansı bu çizginin frekansından çok farklı olduğundan bu çok kolay anlaşılabilecektir.



Şekil 6.20: Soldan sağa dikey üç adet ses

Üç adet dikey çizgi görülmektedir. Eğer soldan sağa tarama yapılacaksa sol çizgiden başlayarak sağa doğru tarama yapılır. Bu resimde, ilk soldaki çizginin bulunduğu sütun tarandığında, sütunun tüm pikselleri beyaz renkli piksellerle dolu

olacaktır. Sütunun her satırının ayrı frekansa karşılık geldiği hatırlanırsa, bu sütunun piksellerinin ses sinyallerine dönüştürülmesi tüm frekansların aynı anda çalınması anlamına gelmektedir. Tüm piksellerde ışık şiddeti mevcut olduğundan, bu sütunun tüm pikselleri ses sinyallerine dönüştürüldüğünde, aşağıdan yukarıya artan frekanslara sahip satır sayısı kadar ses sinyali aynı anda çalınacaktır. Burada tüm notaları aynı anda çalmak örneği verilebilir. Tarama esnasında ikinci çizgiye ulaşana kadar pikseller tamamen siyah olduğundan, yani ışık şiddeti parametresi sıfır olduğundan buralarda üretilen ses sinyali sıfır genlikli olacaktır, bu yüzden duyulmayacaktır. Ses üretme formülü basitçe hatırlanacak olursa;

$$\text{Ses} = \text{Genlik} * \text{kanal\_katsayısı} * \text{SIN}(2\pi F * T)$$

Burada Genlik sıfır olacağı için tüm ses sinyali herhangi bir T anı için her zaman sıfır olacaktır.

Merkezden tarama yapılacaksa, ortadaki düz çizgiden tarama başlayacaktır. Ortadaki düz çizginin pikselleri, ilk taramada sol ve sağ kanalın ses sinyallerini oluşturacaktır. Merkezden sola ve sağa bir sütun ilerlendiğinde resimde piksel rengi siyah olduğundan her iki tarafın da ışık şiddeti sıfıra karşılık gelecek ve yukarıdaki formülden ses sinyali sıfır olarak hesaplanacaktır. Merkezden en sol ve en sağ sütuna gelindiğinde, bu sütunlar tarandığında hem sol taraftaki, hem de sağ taraftaki sütunların pikselleri beyaz olduğundan sol ve sağ kanaldan aynı anda ses sinyalleri duyulur. Her iki kanaldan da aynı anda çalan birbirinden farklı frekanslarda ses sinyalleri duyulur. Eş zamanlı taramada ise tüm pikseller işleme alınır ve beyaz piksel kadar ses sinyali üretilir. Resmin tüm pikselleri ses sinyallerine dönüştürüldüğünde solda, ortada ve sağda ses sinyalleri üretilir ve insan kulağına verilir. Ancak üretilen seslerin kanalları farklı olmasına rağmen, 3 aynı tipte çubuk olduğundan üç adet aynı sinyal tipinde sesler üretilecektir. Bu yüzden bu üç çizginin konumları bu tarama ile net bir şekilde doğru olarak algılanamayabilir. Çünkü aynı tipte üç ses birbirine eşit uzaklıkta çalındığı için ve sesler aynı genlik ve frekansta olduğu için bu üç sesin ortalaması olan resmin tam ortasında bir ses duyuluyormuş gibi hissedilecektir.



Şekil 6.21: Soldan Merkeze artan, Merkezden Sağa Azalan Ses

Resimde soldan sağa doğru düşünüldüğünde, önce artan sonra azalan lineer bir çizgi görülmektedir. Böyle bir resim soldan sağa tarama ile tarandığında resmin ilk yarısında piksellerin Y konumu sürekli arttığından artan frekansta ve resmin son yarısında piksellerin Y konumu azaldığından sürekli azalan frekansta bir ses duyulur. Bu resimde aynı anda birden fazla farklı frekansta ses duyulmaz, çünkü her sütunda yaklaşık bir piksel bulunmakta ve dikey çizgiye rastlanılmamaktadır. Dikey çizgi olmadığından bir sütun içinde birden fazla frekansta aynı anda çalınacak ses sinyalleri üretilmeyecektir. Her sütunda bir ses üretilecektir. Bu resimde soldan merkeze doğru her sütundaki pikseller yukarıya doğru ilerlediğinden sürekli yükselen frekansta seslerle ve merkezden sola doğru taramaya devam edildiğinde pikseller sürekli aşağıya doğru ilerlediğinden sürekli azalan frekansta seslerle tasvir edilir. Tarama eğer merkezden sola ve sağa yapılırsa, resim merkezden simetrik bir resim olduğundan merkezden sola ve merkezden sağa piksellerin dağılımı tamamen aynı olduğundan sol ve sağ kulağa üretilen sesler aynı üretilir. Burada sol ve sağ kulak ayrı ayrı azalan frekans algılayabilecektir. Bu resmin sol ya da sağ tarafından birine değişiklik yapıldığında, o değişiklik çok kolay algılanacaktır. Sol tarafta değişiklik yapıldığı düşünülürse, sürekli aynı çalan ses sinyalleri sağ tarafta aynı şekilde çalmaya devam ederek sol taraftaki değişim çok kısa sürede fark edilecektir. Eş zamanlı tarama bu resimde çok verim sağlayamaz, çünkü aynı anda tüm piksellerin çalınması obje hakkında çok fazla bilgi edinilmesine yardımcı olamaz. Ancak piksellerden bazılarında bir değişim olduğunda sadece o değişim olan piksellerin fark edilmesi diğer taramalara göre daha kolay ve daha hızlı fark edilebilir.



Şekil 6.22: Sol kanal, yüksek frekans

Burada sadece sol üst köşede bir şekil görülmektedir. Bu resim soldan sağa tarama ile sese dönüştürüldüğünde yüksek frekanslı sadece sol taraftan çıkan bir ses duyulacaktır. Bu da resmin üst sol tarafında bir objenin varlığının algılanmasını sağlayacaktır. Böyle bir resimde soldan sağa sütunlar taranırken ilk sütunlarda bulunan pikseller ses üretir ve diğer sütunlar taranırken ses üretilmez. Soldan sağa taramada bir sonraki taramaya başlayabilmek için tüm sütunların taranmasının bitmesi gerekir. Merkezden tarama yapıldığında bu işlem süresi yarı yarıya düşer. Bununla birlikte objeleri algılamadaki tepki kabiliyetimiz de iki kat artar. Merkez sola ve merkezden sağa aynı anda tarama başlar ve en sağ sütuna gelindiğinde, sol tarafta da en sol sütun için işlem başlar. Sağ tarafta resmin yukarısında bir obje olduğundan tam sağ kanaldan yani tam sağ kulaktan ve yüksek frekanslı bir ses duyulur. Tam sağ kulaktan duyulur, çünkü sol kanal tarafında piksel olmadığından üretililecek bir ses yoktur. Bu da sesi tamamen sağ tarafta duymamıza neden olur. Eş zamanlı tarama yapıldığında tüm pikseller ele alınır. Resimde sol tarafta birkaç sütun obje içermektedir ve bu sütunların da sadece üst bölgelerinde beyaz piksel vardır. Tüm pikseller aynı anda ses sinyallerine çevrilip kulaklara verildiğinde, yüksek frekanslı birkaç ses ile sol taraftan çıkan birkaç ses duyulur. Bu da ortalama olarak resmin sol yukarısında bir obje olduğunu hissettirir.



Şekil 6.23: Sol kanal-orta frekans ses ve Sağ kanal-yüksek frekans ses

Bu şekilde iki adet obje mevcuttur. Biri sol ortada, diğeri sağ yukarıdadır. Bu resmi soldan sağa tarama ile ses sinyallerine dönüştürdüğümüzde bize farklı zamanlarda iki ses üretecektir. Biri orta ölçekli frekansta sol tarafta bir ses ve diğeri biraz süre sonra yüksek frekanslı sağ tarafta bir ses olarak duyulacaktır. Bu sayede bu resimde iki adet obje olduğu ve konumlarının ne olduğu algılanabilecektir. Merkezden tarama yapıldığında ayrı ayrı hem sol hem de sağ kanal için ses üretilir. Sol tarafta ortada ve sağ tarafta yukarıda bir obje olduğu anlaşılır. Merkeze doğru objelerin konumları simetrik olduğundan, sağ ve sol olmak üzere iki sütuna da aynı sürede ulaşılır, bu nedenle sol kanal ile sağ kanalda üretilecek sesler aynı anda duyulur. Eş zamanlı taramada pikseller aynı anda ele alınacaktır. Bu nedenle tüm pikseller ses sinyallerine dönüştürüldüğünde, aynı anda hem sol ortada orta frekansta bir ses, hem de sağ yukarıda yüksek frekanslı bir ses aynı anda duyulur. Bu objelerin hareket ettiği düşünülürse, her objenin hareketi anlık olarak eş tarama ile algılanabilir.



Şekil 6.24: Soldan sağa basamaklanarak azalan ses

Bu şekilde soldan sağa doğru boyu azalan dikey çizgiler mevcuttur. Bu resmi ses sinyallerine dönüştürdüğümüzde Soldan sağa doğru hareket eden ses hissedilecektir ve ses aralıklı olarak kesilip tekrar duyulacaktır. Ses sağa doğru

hareket ettikçe dikey piksellerdeki beyaz oranı azaldığından aynı anda çalınacak farklı frekanslı ses sinyallerinin toplamı azalacaktır. Sağa yaklaştıkça düşük frekanslı sesler daha fazla duyulmaya başlayacaktır. Çünkü sağa doğru ilerledikçe, resmin üst kısımlarındaki pikseller kaybolduğu için yüksek frekanslı seslerde kaybolacaktır ve düşük frekanslı sesler daha fazla ayırt edilir hale gelecektir.

Yukarıda hazır olarak yüklenebilecek resimlerden bazılarının nasıl seslere dönüştürüleceği belirtilmiştir. Prototip ile, aynı zamanda istenilen resim çizilebilir ve çizilen resimlerin o andaki ürettikleri sesler dinlenebilmektedir. Resim çizerken edinilecek tecrübe ile sisteme daha kolay alışılabilir. Kullanıcı kendi isteği doğrultusunda kalemi hareket ettireceği için istediği çizimi yaptığında bu çizimlere göre nasıl sesler üretebileceği hakkında kolayca bilgi sahibi olabilecektir.

Sistemin harekete duyarlılığını anlamak için ise fare hareketi ile hareketi sağlanmış bir yuvarlak obje kullanılmaktadır. Resim içinde yuvarlak obje fare yardımıyla hareket ettirilebilmektedir. Objeyi hareket ettirdikçe üretilen sesin konumu sürekli değişmektedir. Bu şekilde sürekli değişimi en iyi anlamanın yolu eş zamanlı tarama ile mümkün olacaktır.

## 6.5.Görme Sisteminde Ses Üretme Tekniği

Bilgisayar ortamında ses üretmek için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunların en bilineni Midi portları kullanarak ya da raw-data (wav- riff ) sinyalleri oluşturarak bu mümkündür. Midi ile ses üretmek çok kolaydır. Herhangi bir enstrümanı seçerek ve bir oktav belirleyerek ses üretilir. Ancak bu projede hız ve ses ayrımı çok önemlidir. Midi bu durumlarda yetersiz kalacağı zamanlar olabilir. Bir enstrümandan diğer enstrümana geçiş, kanal bölmeleri, aynı anda 16 sestten fazla enstrüman çalma gibi istekleri karşılayamayabilmektedir. Midi ses üretmek, ses kartının performansına göre değişebilir.

Bunları göz önünde bulundurarak bu projede ses üretmek, Microsoft'un PCM ses formatında raw data olarak wav ses sinyalleri ile başarılmıştır.

### 6.5.1.Wav (RIFF data) ses formatı

Wav formatı raw data olarak düşünüldüğünde hiçbir sıkıştırma tekniği kullanılmamış bir yapıya sahip olacaktır. Bu projede de dönüşümün natürel ve hızlı olması için piksellerin bilgileri, natürel bir dönüşüm uygulanarak birebir ses sinyallerine dönüştürülmüştür. Wav formatı Microsoft'un lisanlı formatıdır. Yapısı aşağıdadır.

Tablo.6.1. Wav formatının yapısı

| PARAMETRE       | Boyutu |
|-----------------|--------|
| WFormatTag      | WORD   |
| NChannels       | WORD   |
| NSamplesPerSec  | DWORD  |
| NAvgBytesPerSec | DWORD  |
| NBlockAlign     | WORD   |
| WBitsPerSample  | WORD   |
| CbSize          | WORD   |

#### *wFormatTag*

Waveform ses format tipidir. Format tag leri Microsoft'a lisanslı sıkıştırma algoritmalarından hangisini kullanacağını seçer.

#### *nChannels*

Kaç kanaldan ses üretileceğini belirler. Bir ise mono olarak ses üretir, iki ise stereo olarak sağ ve sol olmak üzere iki kanaldan ses üretir.

#### *nSamplesPerSec*

Örnekleme Frekansıdır. Her kanaldan bir saniyede alınacak ses sinyalini gösterir. Eğer Format Tag WAVE\_FORMAT\_PCM ise SamplesPerSec 'in genel seçenekleri 8.0 kHz, 11.025 kHz, 22.05 kHz, ve 44.1 kHz olarak belirlenmiştir. PCM olmayan formatlar için üreticilerin belirlediği seçeneklere göre bilgisayara hesaplatılmalıdır.

### *NAvgBytesPerSec*

Bir saniyede transfer edilmek istenilen veri-transfer oranıdır. Eğer WFormatTag WAVE\_FORMAT\_PCM ise, nAvgBytesPerSec, nSamplesPerSec ile nBlockAlign çarpımına eşit olmalıdır. Eğer WAVE\_FORMAT\_PCM değilse üretici firmanın belirlediği değerler seçilmelidir.

Kodlama sırasında bu değer değiştirilerek buffer boyutu tayin edilebilir.

### *nBlockAlign*

BlockAlignment Format Tag' e göre dizilmiş verinin minimum atomik birimidir. Eğer Format Tag WAVE\_FORMAT\_PCM ise, BlockAlign Channel sayısı kadar olmalıdır ve BitsPerSample sekize bölünmelidir. PCM olmayan formatlar için üretici firmaların belirlediği spesifikasyonlar ile hesaplanmalıdır.

### *wBitsPerSample*

Bits Format Tag için saniyedeki bit sayısıdır. Eğer FormatTag WAVE\_FORMAT\_PCM ise, BitsPerSample Channel sayısına göre 8 ya da 16 olmalıdır.

### *cbSize*

Bu özellik PCM olmayan formatlar için ekstra bilgi tutmak için kullanılır. Eğer ekstra bilgiye ihtiyaç yoksa bu parametre sıfıra tayin edilmelidir.

Aşağıda örnek bir wav formatında hazırlanmış wav dosyası yapısı vardır.

Tablo .6.2. Wav Verisinin Gösterimi

|                   |                    |                            |
|-------------------|--------------------|----------------------------|
| First "Chunk" ID  | 4 bytes (char [4]) | "RIFF"                     |
| File Size         | 4 bytes (long)     | Dosya uzunluğu             |
| Form Type ID      | 4 bytes (char [4]) | "WAVE"                     |
| Second "Chunk" ID | 4 bytes (char [4]) | "fmt "                     |
| Wave Format Size  | 4 bytes (long)     | Wav format 'ın uzunluğu    |
| Wave Format Info  | Wave Format Size   | PCM verisinin format tipi. |
| Third "Chunk" ID  | 4 bytes (char [4]) | "data"                     |
| Data Size         | 4 bytes (long)     | PCM verisinin uzunluğu     |
| Data              | Data Size          | PCM verisi                 |

### 6.5.2.Projede ses sinyallerinin üretilmesi

Çalınacak ses sinyalleri, daha önce belirtildiği gibi piksellerin taramasına göre oluşturulmaktadır. Taramaya göre görüntü matrisinden bilgileri yükleme sıklığı değişmektedir. Her ses üretimi işlemi bittiğinde görüntü matrisinden görüntü bilgileri alınır ve global piksel-ses matrisine Frekansları, Sütun indeksleri, sol-sağ kanal oranları, genlikleri hesaplanarak yazılır. Her ses üretimi öncesi bu piksel-ses matrisi hazırlanır ve bu matristeki bilgiler kullanılarak tarama yapılır. Bilgilerin bu matrise önceden atılmasının nedeni sürekli hesap sürecini kısmaktır. Kameradan gelen her görüntüyü işleme alıp, hesaplamalar yapıp piksel-dönüşüm değerlerini belirlemek çok uzun süre oluşturacaktır. Bunun yerine yeni görüntüye ihtiyacı olduğu zaman kameradaki görüntüyü alması çok fazla vakit kazandırmıştır ve böyle bir yöntem kullanılarak bir saniye içinde oluşturulabilecek ses sayısı artırılmıştır. Bir saniye içindeki ses sayısının artırılması çevredeki değişime çok daha hızlı tepki verebilmeyi sağlamıştır.

Tarama yöntemlerine göre piksel-ses matrisinin doldurulması değişik periyotlarda olacaktır. Soldan sağa tarama yönteminde soldan başlayarak sütun sayısı kadar tarama yaptığı için tüm sütunlar bitmeden yeni bir kamera görüntüsü almaya

ihtiyaç duymamaktadır. Tüm sütun taramasının beklenmesi nedeniyle etraftaki değişimlere en yavaş tepki veren tarama yöntemi budur. Ancak soldan sağa tarama yapıldığından ve zamana göre sütunlar tarandığından etraftaki farklı objelerin konumlarını belirlemek için en iyi yöntem bu tarama yöntemi olacaktır. Saniyede yaklaşık 50 ses sinyali üretilebildiği düşünülürse ve sistem 16x16 lık bir resim için düşünülürse, bir resimde 16 sütun için ayrı ses üretilecektir. Yani bir saniyede yaklaşık 3 resim tarayabilecektir.

Merkezden sağa ve sola paralel tarama yönteminde sütun sayısının yarısı kadar işlem süresi alacaktır. Çünkü taranacak sütun sayısı yarısına düşmüştür. Burada sağ ve sol simetrik sütunlar aynı anda tarandığı için sütun sayısının yarısı kadar ses üretildiğinde tüm resim taraması işlemi ve tüm seslerin üretilmesi işlemi bitmiş olacaktır ve yeni bir resim taramak gerekmektedir. Kamera görüntüsünden alınan resim bilgisi ile hesaplamalar yapıldıktan sonra yeni değerler piksel-ses matrisine atanır. Merkezden tarama, Soldan sağa taramaya göre iki kat hızlı olduğundan işlem sayısı da iki katına çıkmıştır. Saniyede yaklaşık 50 ses üretilebildiği düşünülürse ve sistem 16x16 lık bir resim için düşünülürse bir resimde 8 tane çift sütun için ayrı ses üretilecektir. Yani bir saniyede 50 ses üreten bir PC, her taramada 8 tane sütun taraması gerektiğinden yaklaşık 6 resim tarayabilecektir. Eş zamanlı taramada tüm pikseller aynı anda taranmaktadır. Yani her taramada sadece bir sütun tarama süresi gerekecektir. Bir saniyede 50 tane ses üretiliyorsa, bir saniyede 50 resim üretebilir, çünkü her ses sinyali üretme süresi, eş zamanlı taramada bir resmi tarama süresidir.

## 7. DENEY

### 7.1. Amaç

Deneyin amacı, sistemin görme engelliler için ne kadar faydalı olabileceğini belirlemek ve diğer sistemlere göre avantajlarının ve dezavantajlarının ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktır.

### 7.2.Deneyin Yapılışı

Görme engelliler için hazırlanan bu sistemin etkinliğini belirlemek için belirli sayıda gönüllü ile çalışılır. Belirli geometrik şekiller, sistem ile sese dönüştürülür ve tüm resimler gönüllülere gösterilir. Resimler gönüllülere üç tipteki tarama ile dinletilip gönüllülerden bu objeleri tanımlamaları istenir. Tarama şekillerine göre tüm resimler taranır ve her gönüllü için tarama sonunda ortaya çıkan sonuçlar raporlanır.

Deneye başlamadan önce bu deneye katılan her bir gönüllüye; Deney hakkında genel bilgi, deneyin yapılışı ve kendilerinden temin edilen bilgilerin projeye katacağı faydaları içeren “Deney katılım formu” verilir. Form aşağıda belirtildiği gibidir.

#### *Deney Katılım Formu*

Tarih:

Cinsiyet:

Yaş:

Deneyin amacı: Sistemin görme engelliler için ne kadar faydalı olabileceğini belirlemek ve diğer sistemlere göre avantajlarının ve dezavantajlarının ortaya çıkarılmasına yardımcı olmaktır.

Deney hakkında genel bilgi: Deney gönüllünün performansını ölçmeye yönelik değildir, görme engelli kişiler için bu sistemin ne kadar faydalı olabileceğini test etmeye yöneliktir. Çevredeki objeler, kamera ile alınarak, belirli görüntü işleme teknikleri ile ortaya çıkarılır ve bu objelerin konumlarını algılatmak için belirli ses dönüşüm fonksiyonlarına sokulduktan sonra ses sinyallerine dönüştürülür. Objelerin yatay konumları sol, sağ ya da orta bölgelerde olup olmadığı sesin çıkış yönüne bağlıdır. Ses sağ taraftan duyuluyorsa obje sağ bölge civarında, ses sol tarafta duyuluyorsa obje sol bölge civarında, ses ortada (her iki kanaldan) duyuluyorsa orta bölge civarında olduğu kabul edilir. Objelerin dikey konumları ses sinyallerinin frekansına bağlıdır. Ses yüksek frekansta (yüksek oktavlı) duyuluyorsa obje yukarı bölgede, düşük frekansta (düşük oktavlı) duyuluyorsa obje aşağı bölgede, ortalama frekanslarda duyuluyorsa objenin orta bölgelerde olduğu kabul edilir. Örneğin kameranin sol-üst bölgesine düşen bir obje sese dönüştürüldüğünde yüksek frekanslı ve sol kulaktan duyulan bir ses sinyali ile tasvir edilecektir. Objeye kameranin tam merkez bölgesinde ise gerekli dönüşüm işlemleri yapıldığında, orta frekanslarda her iki kulaktan duyulan bir ses sinyali ile tasvir edilecektir. Kameranin görüş açısı içinde birden fazla obje olduğu varsayılırsa, her objenin konumlarına göre değişik ses sinyalleri üretilecektir. Tarama yöntemine göre objelerin kaç adet olduğu ve konumlarının algılanması değişebilir. Deneyde tarama yöntemlerine göre olası algılama değişiklikleri saptanacaktır.

Ortamda obje sayısı, seslerin çıkış sayısına bağlı olarak algılanır. Görüntü taramasının soldan sağa olduğu kabul edilirse, birden fazla obje olması durumunda aralıklı olarak sesler duyulacaktır, ekranda bir adet obje varsa ve boyutu büyükse aralıksız uzun çalan bir ses duyulacaktır, obje küçükse kısa süren bir ses duyulacaktır.

### **7.2.1.Sistem Tanıma Testi**

Deneye başlamadan önce bu proje için geliştirilmiş prototipin kullanımına yönelik gönüllülere sına sesleri dinletilir. Bu sına;

1. Sol – Sağ ayrımı
2. Yukarı – Aşağı ayrımı

3. Yüksek ses – Alçak ses ayrımı
4. Tarama tanıma testi (Küçük bir kare obje yardımı ile )
  - i. Soldan Sağa tarama
  - ii. Merkezden her iki tarafa tarama
  - iii. Eş zamanlı tarama testi

Şeklinde olacaktır. Seslerin sol ve sağ kanaldan çıkarak nasıl ayrıldığını, yüksek frekanslı seslerin yukarı, düşük frekanslı seslerin aşağı bölgeleri ifade ettiğini ve piksellerin parlaklık şiddeti arttıkça sesinin yükseldiği bu sınaama ile gönüllünün prototipe alışması sağlanır.

Deney iki aşamada gerçekleştirilir. İlk olarak ideal ortam sayılacak sabit resimlerle çalışılır. Sabit resimleri üç ayrı tarama yöntemiyle tarayarak her tarama için gönüllülerin algılamasındaki sonuçlar incelenir. Kaç adet obje olduğu, dikey ve yatay konumda objelerin nerelerde olduğu ve objelerin neye benzediği gibi sorulara her üç arı tarama yöntemi için cevaplar verilmesi istenir ve verilen cevaplara göre sonuçlar kaydedilir.

İkinci aşama olarak kamera ile gerçek ortamda test yapılır ve yukarıdaki sorulara her üç tarama yöntemi için cevaplar verilmesi istenir ve verilen cevaplara göre sonuçlar kaydedilir.

Tüm sonuçlar kaydedildiğinde, rapor grafikleriyle beraber hazırlanır.

Sistemin çalışmasına örnek: Gönüllü kullanıcıya resim örneklerinden iki tanesi gözü açıkken gösterilir. Bunların sese nasıl dönüştürüldükleri anlatılır, sistemi tanımasına yardımcı olunur.



Şekil 7.1: Lineer artan çizgi

Bu şekilde görülen lineer değişen çizginin soldan sağa doğru tarama ile soldan sağa doğru duyulan bir ses üreteceği, sola doğru tarandığında çizgi yükseldiği için frekansının artacağı anlatılır.



Şekil 7.2: Paralel yatay iki çizgi

Bu şekilde görülen değişmeyen iki çizginin soldan sağa doğru tarama ile soldan sağa doğru duyulan bir ses üreteceği, sola doğru tarandığında çizgi yükseklikleri değişmediğinden hiçbir frekans değişimi olmadan, iki adet değişmeyen frekanslı seslerin üretileceği anlatılır.



Şekil 7.3: Düz dikey çizgiler

Şekil 7.3 de 3 adet dikey çizgi bulunmaktadır. Her gönüllüye bu üç adet çizginin sol, orta ve sağa dağıldığını hepsinin aynı boyda ve birden fazla frekanslı ses sinyallerinin toplanmasıyla sese dönüştürüldüğü anlatılır.

### 7.2.2.Sabit Resim Algılama Testi

Aşağıdaki sabit resimler gönüllülere sırasıyla gösterilmiştir. Gönüllülere her tarama için;

Resimde kaç tane obje olduğu ve objelerin dikey ve yatay konumları sorulmuştur ve her bir tarama için sonuçlar kaydedilmiştir. Sonuçların ne kadar doğru olduğu, belirtilen yerlere not alınmıştır.

Tablo.7.3. Resimlerden Objelerin Algılanma Sonuçları

|                                                                                                                                  |                              |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi            | Objeye sayısı                |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                  | Yatay ve dikey konumlar      |    |    |    |
|                                                                                                                                  | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje    | Objeye sayısı                |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                  | Yatay ve dikey konumlar      |    |    |    |
|                                                                                                                                  | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje            | Objeye sayısı                |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                  | Yatay ve dikey obje hareketi |    |    |    |
|                                                                                                                                  | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje            | Objeye sayısı                |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                  | Yatay ve dikey hareket       |    |    |    |
|                                                                                                                                  | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler | Objeye sayısı                |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                  | Yatay ve dikey hareket       |  |  |  |
|                                                                                                                                  | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |

Şekil 7.3' de ki objeler üç adet düz çubuktur. Bu şekil obje sayısını ve konumlarını algılamaya yöneliktir. Gönüllülere bu resimde kaç obje olduğu sorulmuştur. Algılayabildikleri objelerin nerelerde olduğu sorulmuş ve obje sayısı ile konumlarının doğruluğuna göre puanlama yapılmıştır. Bu sorular her tarama için sırasıyla sorulmuş ve kaç obje duyduklarını ve bunların nerelerde olduğu sorulmuştur.

Şekil 7.4' de önce artan sonra azalan çizgiden oluşan bir obje vardır. Gönüllülere kaç obje olduğu ve hangi taramada daha iyi ayırım yapabildikleri sorulmuştur. Burada tüm ekrana yayılmış tek parça bir objenin algılanması gerekmektedir. Ses hiç kesintiye uğramadan devamlı çalınacağından tek parça obje olduğu anlaşılmalıdır. Daha sonra her taramaya göre solda, sağda ve ortada nasıl bir

şekil hissettiklerini ve tüm şekil düşünüldüğünde neye benzediği sorulmuştur. Gönüllülerin verdiği yanıtlara göre puanlama yapılmıştır.

Şekil 7.5’ de iki küçük nokta bulunmaktadır. Sol taraftaki obje aşağıda, sağ taraftaki obje yukarıdadır. Gönüllülere kaç adet obje olduğu, bu objelerin konumları ve hangi taramada daha iyi ayırım yapabildikleri sorulmuştur.

Şekil 7.6’ da hareket eden bir obje bulunmaktadır. Bu objenin başlangıç konumu, izlediği hareket yönleri ve hangi taramada bu hareketi daha iyi algılayabildikleri sorulmuştur. Verilen yanıtlara göre puanlama yapılmıştır.

Şekil 7.7’ de birden fazla objenin hareketi test edilmiştir. İlk olarak şekil 7.6 iki parçaya bölünmüş ve şekil 7.6’ deki objenin kaç parçaya bölüldüğü sorulmuştur. Bundan sonra ekranda hareket eden ve etmeyen objelerin olup olmadığı sorulmuştur. Hareket eden objenin nereye doğru hareket ettiği, hareket etmeyen ojenin nerede olduğu ve tüm bu saptamaların en iyi hangi taramada yapılabildiği sorulmuştur. Yanıtlara göre puanlama yapılmıştır.

Şekil 7.8’ de beş adet büyükten küçüğe sıralanmış objeler bulunmaktadır. Gönüllülere resimde kaç adet obje algıladıklarını, objelerin birbirinden farklı olup olmadığı, objelerin konumlarının nerelerde olduğu ve hangi taramada daha iyi ayırım yapabildikleri sorulmuştur.

### 7.2.3.Kamera Görüntüsü Algılama Testi

Tablo.7.2. Kameradan Objelerin Algılanma Sonuçları

| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa                                                                         | Merkezden                                                                             | Eş zamanlı                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | Obje sayısı                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                   | Yatay ve düşey konumlar      |    |    |    |
|                                                                                                                                   | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje |                              |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                   | Yatay ve düşey konumlar      |    |    |    |
|                                                                                                                                   | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Obje sayısı                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                   | Yatay ve düşey konumlar      |    |    |    |
|                                                                                                                                   | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler | Obje sayısı                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                   | Yatay ve düşey obje hareketi |  |  |  |
|                                                                                                                                   | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
| <br>Şekil 7.13: Hareketli Nokta                | Obje sayısı                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |
|                                                                                                                                   | Yatay ve düşey hareket       |  |  |  |
|                                                                                                                                   | Genel Sonuç                  |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |

Kameradan alınan görüntüleri taramada gönüllülere kartonlarda kaç adet obje olduğu, objelerin konumları ve objelerin neye benzediği sorulmuştur. Gönüllülere objelerin algılanmasında yardımcı olması açısından sürekli tarama şekilleri değiştirilmiştir. Tarama şekillerine göre değişen yanıtlarla puanlama yapılmıştır.

## 7.2.4 Deney Sonu Sorular

Tablo .7.3. Deney sonu sorulan sorular

| Soru No | SORULAR                                                                     | Çok iyi | İyi | Orta | Kötü | Çok Kötü | PUAN |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|-----|------|------|----------|------|
| 1       | Sistemin görme engelliler için uygunluğu nedir?                             | X       |     |      |      |          | 4    |
| 2       | Sistemin kurulumunun kolaylık derecesi nedir?                               | X       |     |      |      |          | 4    |
| 3       | Sistemdeki sesler kulakları rahatsız etmeyecek oranda mı?                   |         | X   |      |      |          | 3    |
| 4       | Sisteme kolay ve kısa sürede adapte olma ile ilgili ne düşünüyorsunuz?      |         |     | X    |      |          | 2    |
| 5       | Sistemin giyilebilirliği ve taşınabilirliği nedir?                          |         | X   |      |      |          | 3    |
| 6       | Sol ve Sağ ses çıkışları kolayca ayırt edilebiliyor mu?                     | X       |     |      |      |          | 4    |
| 7       | Frekans değişimleri kolayca ayırt edilebiliyor mu?                          |         |     | X    |      |          | 2    |
| 8       | Sistemin gerçek zamanlı algılama için uygunluğu nedir?                      |         | X   |      |      |          | 3    |
| 9       | Objeyi tarama esnasında geçen süre uzunluğu uygun mu?                       |         | X   |      |      |          | 3    |
|         | Kamera pasif iken;                                                          |         |     |      |      |          |      |
| 10      | Obje sayısını belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir?               | X       |     |      |      |          | 4    |
| 11      | Obje sayısını belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?                 |         | X   |      |      |          | 3    |
| 12      | Obje sayısını belirlemede Eş zamanlı tarama uygunluğu nedir?                |         |     |      | X    |          | 1    |
| 13      | Objelerin konumlarını belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir?       | X       |     |      |      |          | 4    |
| 14      | Objelerin konumlarını belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?         |         | X   |      |      |          | 3    |
| 15      | Objelerin konumlarını belirlemede eşzamanlı tarama uygunluğu nedir?         |         |     |      | X    |          | 1    |
| 16      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir? |         |     | X    |      |          | 2    |
| 17      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?   |         | X   |      |      |          | 3    |
| 18      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede eş zamanlı tarama uygunluğu nedir?  | X       |     |      |      |          | 4    |
|         | Kamera aktif iken;                                                          |         |     |      |      |          |      |
| 19      | Obje sayısını belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir?               |         |     | X    |      |          | 2    |
| 20      | Obje sayısını belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?                 |         | X   |      |      |          | 3    |
| 21      | Obje sayısını belirlemede Eş zamanlı tarama uygunluğu nedir?                | X       |     |      |      |          | 4    |
| 22      | Objelerin konumlarını belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir?       |         | X   |      |      |          | 3    |
| 23      | Objelerin konumlarını belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?         |         | X   |      |      |          | 3    |
| 24      | Objelerin konumlarını belirlemede eşzamanlı tarama uygunluğu nedir?         | X       |     |      |      |          | 4    |
| 25      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede soldan sağa tarama uygunluğu nedir? |         |     | X    |      |          | 2    |
| 26      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede merkezden tarama uygunluğu nedir?   |         | X   |      |      |          | 3    |
| 27      | Objelerin hareket yönlerini belirlemede eş zamanlı tarama uygunluğu nedir?  | X       |     |      |      |          | 4    |

## 7.3.Gönüller ile Yapılan Çalışmalar

Sekiz farklı gönüllü ile çalışılmıştır. Seçilen gönüllülerin yaş aralığı 20 ile 35 arasında değişmektedir. Gönüllüler beş erkek ve üç bayandan oluşmaktadır. Yapılan çalışma gönüllülerin performansını ölçmeye yönelik değil, sistemin ne kadar verimli

olduğunu incelemeye yöneliktir. Ancak deneydeki sonuçların doğruluğu, gönüllülerin yaş farkı, eğitim düzeyi, müzik kulağı gibi etkenlerle farklılık göstermiştir. Deneyin doğruluğu gönüllülerin yaşlarıyla ters, eğitim ve müzik kulağı ile doğru orantılı olduğu varılan sonuçlardan bir kaçıdır. Bunlarla beraber diğer sonuçlar deney raporu kısmında sunulmuştur.

Gönüllülere deneye başlamadan önce, sistem hakkında tanıtım yapılmıştır. İlk olarak frekans farklılıklarını anlatmak için 500 ile 5000 Hz arasında frekanslar gönüllüye dinletilmiştir. Daha sonra sol, orta ve sağ konumlu sesler dinletilmiş ve seslerin yatay konum farklılıklarının nasıl değişebileceği anlatılmıştır. Bunlardan sonra iki şekil sese dönüştürülüp bu şekillerin nasıl şekiller oldukları anlatılmıştır. Bu kısa eğitimden sonra deneye geçilmiştir.

İlk olarak sabit resimlerle çalışılmış ve sistemin sabit resimleri algılamalarındaki yeri test edilmiştir. Sabit resimlerle çalışılma amcacı, ses üretirken hiçbir parazit olmaması objeleri algılamadaki kolaylığı sağlamıştır ve gönüllülerin sistemi anlama sürecini kısaltmıştır.

Daha sonra kartonlar üzerine yapıştırılmış değişik geometrik şekilleri algılamaları istenmiştir. Kartonları gönüllüler ellerinde tutarak, başlarını ve kartonu hareket ettirerek objeleri algılamaya çalışmışlardır ve tarama şekli değiştirilerek gönüllülerin verdiği cevaplara göre elde edilen sonuçlar kaydedilmiştir.



Şekil 7.14 Gönüllülerle kamera ile çalışma örneği

## Gönüllü 1

|                                              |                              |             |           |            |
|----------------------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|------------|
| Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi             | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                              | Yatay ve dikey konumlar      | 80          | 100       | 100        |
|                                              | Genel Sonuç                  | 90          | 60        | 55         |
| Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje     | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-100      |
|                                              | Yatay ve dikey konumlar      | 80          | 60        | 60         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 90          | 80        | 70         |
| Şekil 7.6: Hareket eden bir obje             | Objeye sayısı                | 2-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                              | Yatay ve dikey obje hareketi | 60          | 80        | 60         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 80          | 70        | 100        |
| Şekil 7.7: Hareket eden iki obje             | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-100      |
|                                              | Yatay ve dikey hareket       | 80          | 80        | 60         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 80          | 90        | 100        |
| Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler    | Objeye sayısı                | 4-80        | 4-80      | 1-80       |
|                                              | Yatay ve dikey hareket       | 80          | 80        | 20         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 80          | 85        | 20         |
| Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa | Merkezden | Eş zamanlı |
|                                              | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                              | Yatay ve dikey konumlar      | 75          | 80        | 90         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 82.5        | 90        | 95         |
| Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-100      |
|                                              | Yatay ve dikey konumlar      | 70          | 80        | 95         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 85          | 90        | 92.5       |
| Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                              | Yatay ve dikey konumlar      | 60          | 60        | 100        |
|                                              | Genel Sonuç                  | 80          | 80        | 100        |
| Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı                | 4-100       | 4-100     | 5-100      |
|                                              | Yatay ve dikey obje hareketi | 70          | 70        | 90         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 85          | 85        | 95         |
| Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                              | Yatay ve dikey hareket       | 50          | 60        | 90         |
|                                              | Genel Sonuç                  | 75          | 80        | 95         |

Şekil 7.15: Gönüllü#1 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 2

|                                                                                                                                     |                              |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  40   |  40   |  10   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 70                                                                                     | 70                                                                                      | 55                                                                                       |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  90   |  80   |  60   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 95                                                                                     | 70                                                                                      | 8                                                                                        |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey obje hareketi |  50   |  80   |  40   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 90                                                                                      | 25                                                                                       |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  20   |  60   |  100  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 60                                                                                     | 70                                                                                      | 100                                                                                      |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Objeye sayısı                | 5-100                                                                                  | 5-100                                                                                   | 1-20                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  80   |  40   |  20   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 70                                                                                     | 95                                                                                      | 20                                                                                       |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                               |
|                                                                                                                                     | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  50 |  60 |  60 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 80                                                                                      | 80                                                                                       |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  80 |  70 |  90 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 85                                                                                      | 95                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  60 |  60 |  60 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 80                                                                                      | 80                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı                | 4-80                                                                                   | 4-80                                                                                    | 4-80                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey obje hareketi |  70 |  70 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 75                                                                                      | 80                                                                                       |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  40 |  50 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 70                                                                                     | 75                                                                                      | 90                                                                                       |

Şekil 7.16: Gönüllü#2 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 3

|                                                                                                                                     |                         |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  60   |  60   |  10    |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 80                                                                                     | 80                                                                                      | 55                                                                                        |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Objeye sayısı           | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  80   |  90   |  10    |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 95                                                                                      | 30                                                                                        |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  80   |  70   |  95    |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 85                                                                                      | 97.5                                                                                      |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Objeye sayısı           | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  25   |  50   |  85    |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 62.5                                                                                   | 75                                                                                      | 92.5                                                                                      |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Objeye sayısı           | 5-100                                                                                  | 5-100                                                                                   | 1-20                                                                                      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  80  |  95  |  20   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 97.5                                                                                    | 20                                                                                        |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                 | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                                |
|                                                                                                                                     | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  80 |  90 |  100 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                        |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  80 |  80 |  100 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 95                                                                                      | 100                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  50 |  80 |  100 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 75                                                                                     | 70                                                                                      | 100                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı           | 3 (66)                                                                                 | 4 (80)                                                                                  | 5 (100)                                                                                   |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  50 |  70 |  95  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 58                                                                                     | 75                                                                                      | 97.5                                                                                      |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar |  60 |  80 |  95  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 80                                                                                     | 90                                                                                      | 97.5                                                                                      |

Şekil 7.17: Gönüllü#3 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 4

|                                                                                                                                     |                         |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  80   |  100  |  10   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 100                                                                                     | 55                                                                                       |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Objeye sayısı           | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-70                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  80   |  90   |  20   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 90                                                                                     | 95                                                                                      | 45                                                                                       |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  70   |  80   |  80   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 90                                                                                       |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Objeye sayısı           | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  25   |  50   |  100  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 62.5                                                                                   | 75                                                                                      | 100                                                                                      |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Objeye sayısı           | 4 (80)                                                                                 | 4 (80)                                                                                  | 1-20                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  60   |  70   |  20   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 70                                                                                     | 75                                                                                      | 20                                                                                       |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                 | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                               |
|                                                                                                                                     | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-800                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  70 |  80 |  90 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                       |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı           | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  70 |  80 |  10 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 50                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  20 |  40 |  10 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 60                                                                                     | 70                                                                                      | 55                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı           | 4-80                                                                                   | 4-80                                                                                    | 4-80                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  80 |  80 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 70                                                                                     | 80                                                                                      | 80                                                                                       |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı           | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar |  70 |  80 |  90 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç             | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                       |

Şekil 7.18: Gönüllü#4 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 5

|                                                                                                                                     |                              |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  80   |  90   |  40   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 95                                                                                      | 60                                                                                       |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  90   |  80   |  20   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 35                                                                                       |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey obje hareketi |  50   |  70   |  85   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 85                                                                                      | 92.5                                                                                     |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  25   |  50   |  90   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 62.5                                                                                   | 75                                                                                      | 95                                                                                       |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Objeye sayısı                | 5 (100)                                                                                | 5 (100)                                                                                 | 1 (20)                                                                                   |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  80  |  100 |  20  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 100                                                                                     | 20                                                                                       |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                               |
|                                                                                                                                     | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  60 |  70 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 85                                                                                      | 90                                                                                       |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  80 |  90 |  70 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 95                                                                                      | 75                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey konumlar      |  50 |  80 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 85                                                                                      | 90                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı                | 4-100                                                                                  | 4-100                                                                                   | 4-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey obje hareketi |  50 |  80 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 90                                                                                      | 90                                                                                       |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve düşey hareket       |  60 |  80 |  95 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 90                                                                                      | 97.5                                                                                     |

Şekil 7.19: Gönüllü#5 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 6

|                                                                                                                                     |                              |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Obje sayısı                  | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      |  70   |  30   |  30   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 65                                                                                      | 95                                                                                       |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Obje sayısı                  | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 1-50                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      |  90   |  75   |  10   |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 95                                                                                     | 87.5                                                                                    | 25                                                                                       |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Obje sayısı                  | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey obje hareketi |  60   |  80   |  100  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 90                                                                                      | 100                                                                                      |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Obje sayısı                  | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       |  25   |  50   |  100  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 62.5                                                                                   | 75                                                                                      | 100                                                                                      |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Obje sayısı                  | 5-100                                                                                  | 4-80                                                                                    | 1-20                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       |  90  |  80  |  20  |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 95                                                                                     | 80                                                                                      | 20                                                                                       |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                               |
|                                                                                                                                     | Obje sayısı                  | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-600                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      |  70 |  80 |  90 |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Obje sayısı                  | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      |  80 |  70 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 85                                                                                      | 90                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Obje sayısı                  | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      |  60 |  80 |  90 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 80                                                                                      | 95                                                                                       |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Obje sayısı                  | 4-80                                                                                   | 4-80                                                                                    | 4-80                                                                                     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey obje hareketi |  70 |  80 |  80 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75                                                                                     | 80                                                                                      | 80                                                                                       |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Obje sayısı                  | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                    |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       |  70 |  80 |  90 |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                       |

Şekil 7.20: Gönüllü#6 ile yapılan deneyin sonuçları

## Gönüllü 7

|                                                                                                                                       |                              |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi                 | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 0                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey konumlar      |  60   |  80   |        |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 90                                                                                      | 0                                                                                         |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje         | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey konumlar      |  70   |  80   |  60    |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 80                                                                                        |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje                 | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey obje hareketi |  60   |  80   |  100   |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 90                                                                                      | 100                                                                                       |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje                 | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey hareket       |  60   |  80   |  100   |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 62,5                                                                                   | 75                                                                                      | 100                                                                                       |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler        | Objeye sayısı                | 5-100                                                                                  | 5-100                                                                                   | 0                                                                                         |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey hareket       |  80  |  85  |  0    |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 92,5                                                                                    | 0                                                                                         |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                           | Sorular                      | Soldan Sağa                                                                            | Merkezden                                                                               | Eş zamanlı                                                                                |
|                                                                                                                                       | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey konumlar      |  70 |  80 |  90  |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                        |
| <br>Şekil 7.10: Birisi sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 2-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey konumlar      |  80 |  90 |  100 |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 90                                                                                     | 95                                                                                      | 100                                                                                       |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                      | Objeye sayısı                | 2-100                                                                                  | 2-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey konumlar      |  60 |  70 |  90  |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 80                                                                                     | 75                                                                                      | 75                                                                                        |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler     | Objeye sayısı                | 4-80                                                                                   | 4-80                                                                                    | 4-80                                                                                      |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey obje hareketi |  90 |  70 |  80  |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 75                                                                                      | 80                                                                                        |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                    | Objeye sayısı                | 1-100                                                                                  | 1-100                                                                                   | 1-100                                                                                     |
|                                                                                                                                       | Yatay ve dikey hareket       |  70 |  80 |  90  |
|                                                                                                                                       | Genel Sonuç                  | 85                                                                                     | 90                                                                                      | 95                                                                                        |

Şekil 7.21: Gönüllü#7 ile yapılan deneyin sonuçları

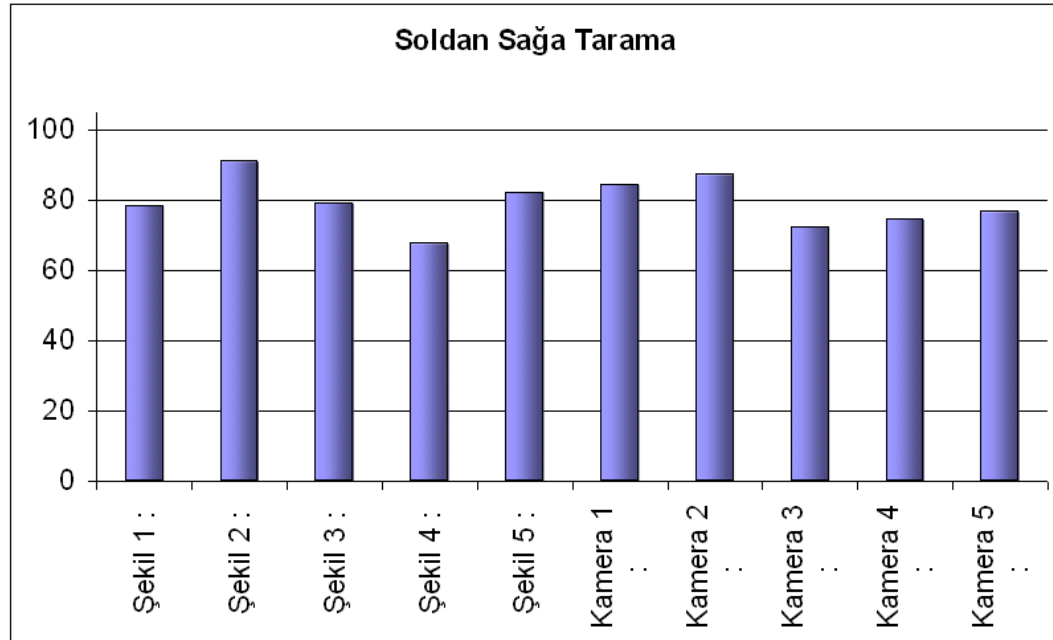
## Gönüllü 8

|                                                                                                                                     |                              |             |           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|------------|
| <br>Şekil 7.4: Artan ve azalan çizgi               | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-0        |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      | 50          | 80        | 0          |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75          | 85        | 0          |
| <br>Şekil 7.5: sol alt ve sağ üstte iki obje       | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-50       |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      | 80          | 70        | 50         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90          | 85        | 50         |
| <br>Şekil 7.6: Hareket eden bir obje               | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey obje hareketi | 60          | 80        | 90         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 70          | 80        | 95         |
| <br>Şekil 7.7: Hareket eden iki obje               | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       | 80          | 70        | 95         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90          | 85        | 97.5       |
| <br>Şekil 7.8: Büyükten küçüğe sıralı objeler      | Objeye sayısı                | 4-80        | 4-80      | 7.2-20     |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       | 70          | 50        | 60         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75          | 65        | 37.5       |
| <br>Şekil 7.9: Düz çizgi                         | Sorular                      | Soldan Sağa | Merkezden | Eş zamanlı |
|                                                                                                                                     | Objeye sayısı                | 1-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      | 80          | 90        | 80         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 90          | 95        | 97.5       |
| <br>Şekil 7.10: Biri sağda diğeri solda iki obje | Objeye sayısı                | 2-100       | 2-100     | 2-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      | 60          | 80        | 90         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80          | 90        | 75         |
| <br>Şekil 7.11: Ortada çember                    | Objeye sayısı                | 2-50        | 2-100     | 1-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey konumlar      | 50          | 80        | 80         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 50          | 90        | 90         |
| <br>Şekil 7.12: Büyükten küçüğe sıralı objeler   | Objeye sayısı                | 4-80        | 4-80      | 5-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey obje hareketi | 70          | 80        | 90         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 75          | 80        | 95         |
| <br>Şekil 7.14: Hareketli Nokta                  | Objeye sayısı                | 3-100       | 1-100     | 1-100      |
|                                                                                                                                     | Yatay ve dikey hareket       | 60          | 80        | 95         |
|                                                                                                                                     | Genel Sonuç                  | 80          | 90        | 97.5       |

Şekil 7.22: Gönüllü#8 ile yapılan deneyin sonuçları

Tablo.7.4. Soldan sağa taramaya göre elde edilen sonuçlar

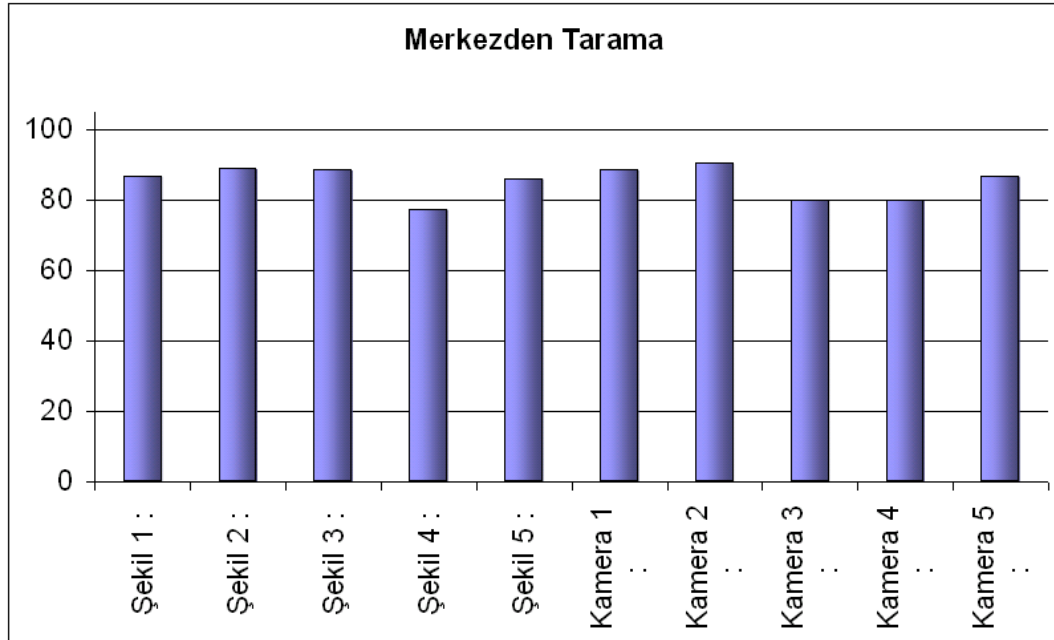
|                    | Tarama1: Sağdan Sola Tarama |       |       |       |       |       |       |       | ŞEKİLLERİN ALGILANMA ORTALAMASI     |
|--------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------------|
|                    | 1                           | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |                                     |
| Şekil 1            | 90.0                        | 70.0  | 80.0  | 90.0  | 80.0  | 65.0  | 80.0  | 75.0  | Şekil 1 : 78.75                     |
| Şekil 2            | 90.0                        | 95.0  | 90.0  | 90.0  | 95.0  | 95.0  | 85.0  | 90.0  | Şekil 2 : 91.25                     |
| Şekil 3            | 80.0                        | 75.0  | 90.0  | 85.0  | 75.0  | 80.0  | 80.0  | 70.0  | Şekil 3 : 79.375                    |
| Şekil 4            | 80.0                        | 60.0  | 62.5  | 62.5  | 62.5  | 62.5  | 62.5  | 90.0  | Şekil 4 : 67.8125                   |
| Şekil 5            | 60.0                        | 90.0  | 90.0  | 70.0  | 90.0  | 95.0  | 90.0  | 75.0  | Şekil 5 : 82.5                      |
| K.Obje 1           | 87.5                        | 75.0  | 90.0  | 85.0  | 80.0  | 85.0  | 85.0  | 90.0  | Kamera 1 : 84.6875                  |
| K.Obje 2           | 85.0                        | 90.0  | 90.0  | 85.0  | 90.0  | 90.0  | 90.0  | 80.0  | Kamera 2 : 87.5                     |
| K.Obje 3           | 80.0                        | 80.0  | 75.0  | 60.0  | 75.0  | 80.0  | 80.0  | 50.0  | Kamera 3 : 72.5                     |
| K.Obje 4           | 85.0                        | 75.0  | 58.0  | 70.0  | 75.0  | 75.0  | 85.0  | 75.0  | Kamera 4 : 74.75                    |
| K.Obje 5           | 75.0                        | 70.0  | 55.0  | 85.0  | 80.0  | 85.0  | 85.0  | 80.0  | Kamera 5 : 76.875                   |
| GÖNÜLLÜ ORTALAMASI | 67.71                       | 65.00 | 65.04 | 65.21 | 66.88 | 67.71 | 68.54 | 64.58 | TARAMA 1 GENEL SONUÇ<br>66.33333333 |



Şekil 7.23: Soldan Sağa Tarama Deney Sonuçları

Tablo.7.5. Merkezden taramaya göre elde edilen sonuçlar

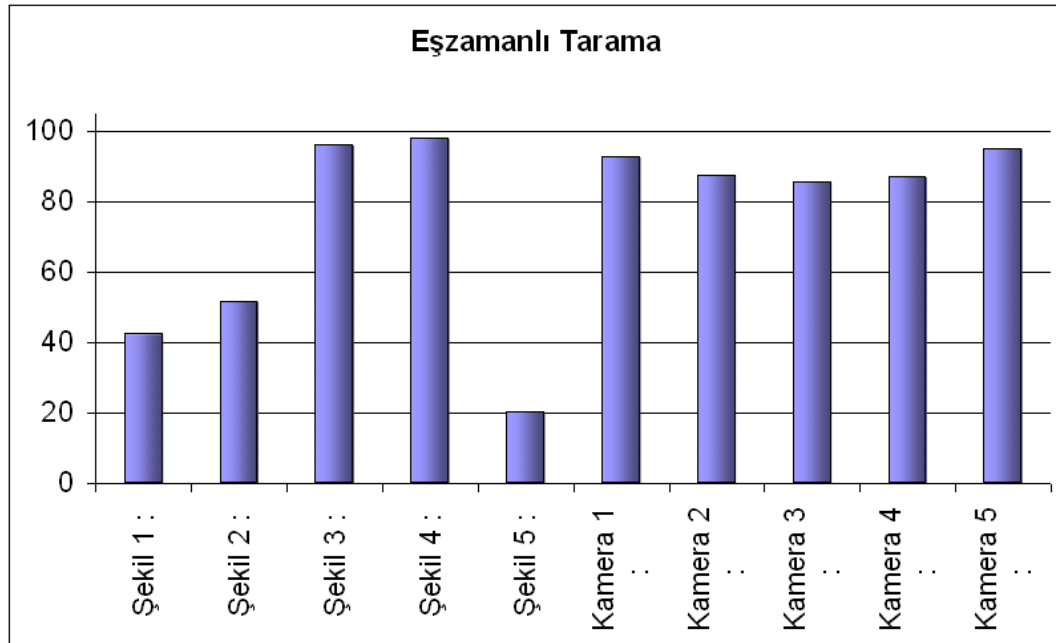
|                    | Tarama2: Merkezden Tarama |             |             |             |             |             |             |             | ŞEKİLLERİN ALGILANMA ORTALAMASI     |
|--------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------|
|                    | Gönüllü 1 :               | Gönüllü 2 : | Gönüllü 3 : | Gönüllü 4 : | Gönüllü 5 : | Gönüllü 6 : | Gönüllü 7 : | Gönüllü 8 : |                                     |
| Şekil 1            | 100.0                     | 70.0        | 80.0        | 100.0       | 95.0        | 65.0        | 90.0        | 95.0        | Şekil 1 : 86.875                    |
| Şekil 2            | 80.0                      | 90.0        | 95.0        | 95.0        | 90.0        | 87.5        | 90.0        | 85.0        | Şekil 2 : 89.0625                   |
| Şekil 3            | 90.0                      | 90.0        | 85.0        | 90.0        | 85.0        | 90.0        | 90.0        | 90.0        | Şekil 3 : 88.75                     |
| Şekil 4            | 90.0                      | 70.0        | 75.0        | 75.0        | 75.0        | 75.0        | 75.0        | 85.0        | Şekil 4 : 77.5                      |
| Şekil 5            | 85.0                      | 95.0        | 97.5        | 75.0        | 100.0       | 80.0        | 92.5        | 65.0        | Şekil 5 : 86.25                     |
| K.Obje 1           | 90.0                      | 80.0        | 90.0        | 90.0        | 85.0        | 90.0        | 90.0        | 95.0        | Kamera 1 : 88.75                    |
| K.Obje 2           | 90.0                      | 85.0        | 95.0        | 90.0        | 95.0        | 85.0        | 95.0        | 90.0        | Kamera 2 : 90.625                   |
| K.Obje 3           | 80.0                      | 80.0        | 90.0        | 70.0        | 75.0        | 80.0        | 75.0        | 90.0        | Kamera 3 : 80                       |
| K.Obje 4           | 85.0                      | 75.0        | 75.0        | 80.0        | 90.0        | 80.0        | 75.0        | 80.0        | Kamera 4 : 80                       |
| K.Obje 5           | 80.0                      | 75.0        | 90.0        | 90.0        | 90.0        | 90.0        | 90.0        | 90.0        | Kamera 5 : 86.875                   |
| GÖNÜLLÜ ORTALAMASI | G1<br>72.50               | G2<br>67.50 | G3<br>72.71 | G4<br>71.25 | G5<br>73.33 | G6<br>68.54 | G7<br>71.88 | G8<br>72.08 | TARAMA 1 GENEL SONUÇ<br>71.22395833 |



Şekil 7.24: Merkezden Tarama Deney Sonuçları

Tablo.7.6. Eşzamanlı taramaya göre elde edilen sonuçlar

|                    | Tarama3: Eş zamanlı Tarama |             |             |             |             |             |             |             | ŞEKİLLERİN ALGILANMA ORTALAMASI     |
|--------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------|
|                    | Gönüllü 1 :                | Gönüllü 2 : | Gönüllü 3 : | Gönüllü 4 : | Gönüllü 5 : | Gönüllü 6 : | Gönüllü 7 : | Gönüllü 8 : |                                     |
| Şekil 1            | 55.0                       | 55.0        | 55.0        | 55.0        | 60.0        | 55.0        | 5.0         | 0.0         | Şekil 1 : 42.5                      |
| Şekil 2            | 70.0                       | 80.0        | 30.0        | 45.0        | 35.0        | 25.0        | 80.0        | 50.0        | Şekil 2 : 51.875                    |
| Şekil 3            | 100.0                      | 95.0        | 97.5        | 90.0        | 92.5        | 100.0       | 100.0       | 95.0        | Şekil 3 : 96.25                     |
| Şekil 4            | 100.0                      | 100.0       | 92.5        | 100.0       | 95.0        | 100.0       | 100.0       | 97.5        | Şekil 4 : 98.125                    |
| Şekil 5            | 20.0                       | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 20.0        | 5.0         | 37.5        | Şekil 5 : 20.3125                   |
| K.Obje 1           | 95.0                       | 80.0        | 95.0        | 95.0        | 90.0        | 95.0        | 95.0        | 97.5        | Kamera 1 : 92.8125                  |
| K.Obje 2           | 97.5                       | 95.0        | 100.0       | 50.0        | 95.0        | 90.0        | 100.0       | 75.0        | Kamera 2 : 87.8125                  |
| K.Obje 3           | 100.0                      | 80.0        | 100.0       | 55.0        | 90.0        | 95.0        | 75.0        | 90.0        | Kamera 3 : 85.625                   |
| K.Obje 4           | 95.0                       | 80.0        | 97.5        | 80.0        | 90.0        | 80.0        | 80.0        | 95.0        | Kamera 4 : 87.1875                  |
| K.Obje 5           | 95.0                       | 90.0        | 97.5        | 95.0        | 97.5        | 95.0        | 95.0        | 97.5        | Kamera 5 : 95.3125                  |
| GÖNÜLLÜ ORTALAMASI | G1<br>68.96                | G2<br>64.58 | G3<br>65.42 | G4<br>57.08 | G5<br>63.75 | G6<br>62.92 | G7<br>61.25 | G8<br>61.25 | TARAMA 1 GENEL SONUÇ<br>63.15104167 |



Şekil 7.25: Eşzamanlı Tarama Deney Sonuçları

## 7.4 Deney Sonuçları

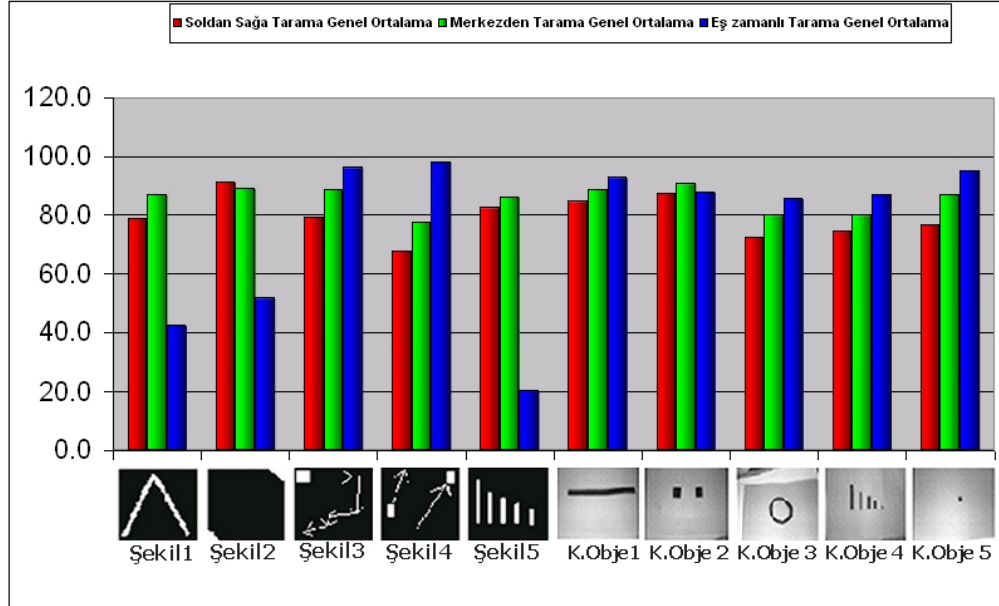
Kameranın pasif (hareketsiz) olduğu durumlarda bakılan görüntüdeki objeler hareketsiz ise soldan sağa tarama ile algılama daha başarılı bulunmuştur. Gönüllüler soldan sağa tarama yöntemiyle objeleri sayabilmişler ve kaç adet obje olduğu hakkında neredeyse doğru bilgi vermişlerdir. Eş zamanlı taramada hareketsiz birden fazla obje olduğu durumlarda objelerin algılanması güç olmuştur. Ancak objeleri hareket ettirdiğimizde objelerin ne tarafa doğru hareket ettiği sorusuna en iyi eş zamanlı tarama ile cevap verebilmişlerdir, soldan sağa tarama yöntemi ise hareket eden objelerin hareketlerini ve konumlarını yakalayabilecek kadar yeterli kalmamıştır.

Kameranın aktif (hareketli) olduğu durumda gönüllüler eş zamanlı tarama ile objelerin algılamalarında daha başarılı olmuşlardır. Karton üzerindeki objeleri bağımsız hareket ettirebilme olanağı, eş zamanlı tarama ile beraber başarılı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Ancak soldan sağa tarama yöntemi kullanıldığında, gönüllüler ellerindeki kartonları hareket ettirdiklerinde karton üzerindeki şekilleri algılamada güçlük çekmişlerdir. Kartonları hareketsiz tuttuklarında karton üzerinde kaç adet obje olduğunu ve objelerin karton üzerindeki konum dağılımlarını başarılı olarak yanıtlamışlardır. Merkezden tarama yöntemi kullanıldığında karton üzerindeki objelerin konumlarının ne olduğu sorusuna başarılı yanıt vermişlerdir ve objelerin konumlarının merkeze göre neresi olduğu sorularını düzgün olarak cevaplamışlardır. Gönüllülerin toplam on adet görüntüye göre yanıtları göz önüne alınarak hazırlanmış genel ortalama tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Tablo.7.7. Gönüllülerin Taramalara Ve Şekillere Göre Genel Sonuçları

|           | Soldan Sağa | Merkezden | Eş zamanlı |
|-----------|-------------|-----------|------------|
| Şekil 1 : | 78.8        | 86.9      | 42.5       |
| Şekil 2 : | 91.3        | 89.1      | 51.9       |
| Şekil 3 : | 79.4        | 88.8      | 96.3       |
| Şekil 4 : | 67.8        | 77.5      | 98.1       |
| Şekil 5 : | 82.5        | 86.3      | 20.3       |
| K.Obj 1 : | 84.7        | 88.8      | 92.8       |
| K.Obj 2 : | 87.5        | 90.6      | 87.8       |
| K.Obj 3 : | 72.5        | 80.0      | 85.6       |
| K.Obj 4 : | 74.8        | 80.0      | 87.2       |
| K.Obj 5 : | 76.9        | 86.9      | 95.3       |

Şekil.7.26’da gönüllülerin hangi resimlere, hangi taramaya göre nasıl yanıt verdikleri gösterilmiştir. Kırmızı ile gösterilenler soldan sağa tarama sonuçları, yeşil ile gösterilenler merkezden tarama sonuçları ve mavi ile gösterilenler eş zamanlı tarama sonuçlarıdır. Her sonuçun altında, soru sorulan görüntüler gösterilmiştir. Tüm sonuçlara göre alınan puanlamaların şekilsel gösterimi aşağıdadır.



Şekil 7.26 Tüm Taramaların Deney Sonuçları Karşılaştırması

Birinci görüntü lineer artan ve sonra yine lineer azalan bir şekildir. Soldan sağa tarama yöntemi kullanıldığında gönüllüler genellikle doğru cevap vermişlerdir. Merkezden tarama kullanıldığında objenin her iki tarafta da aynı olduğunu, birbirine simetrik olduğunu söylemişlerdir. Eş zamanlı taramada algılamaları başarısızdır.

İkinci görüntüde sol altta ve sağ üstte olmak üzere iki adet küçük obje bulunmaktadır. Soldan sağa ve merkezden tarama yöntemleri ile objelerin konumları kolaylıkla algılanabilmiştir. Ancak eş zamanlı tarama yöntemi ile algılanmaya çalışıldığında genellikle objelerin ağırlık merkezi bölgesinde bir ses duyulduğu geri dönüşü alınmıştır.

Üçüncü ve dördüncü görüntüler hareket eden objelerdir. Hareket eden objeler soldan sağa tarama yöntemi ile algılanabilmiştir ancak gönüllüler en az üç denemede objelerin hareket ettikleri yönü saptayabilmişlerdir ve obje hareket yönü tamamen doğru tespit edilememiştir. Merkezden tarama ve eş zamanlı tarama yöntemlerinde

gönüllüler hareket eden objeleri daha kolay algılamışlardır. En iyi algılama eş zamanlı tarama ile gerçekleşmiş ve hareket konumları tamamen doğru olarak cevaplanmıştır.

Beşinci görüntü beş adet objeden oluşmaktadır. Objeler büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Soldan sağa taramada gönüllüler beş objeden en azından üçünü bilmişlerdir. Ancak genel olarak objeler arasındaki boy farkını pek algılayamamışlardır. Merkezden taramada sol bölgede üç adet sağ bölgede iki adet obje olduğunu algılayabilen gönüllüler olmuştur. Objelerin boyutları hakkında doğru bilgi veren gönüllüler de olmuştur. Eş zamanlı tarama kullanıldığında sol daha baskın olarak duyulan bir obje gibi algılanmıştır.

Altıncı görüntü gönüllülerin kartonla yaptıkları ilk deneydir. Gönüllüler kartonu ellerinde tutarak objeyi algılamaya çalışmışlardır. Soldan sağa taramada iken kartonu sabit tuttuklarında objenin düz bir çizgiye benzediğini söyleyebilmişlerdir. Merkezden taramada aynı şekilde sabit tutarak düz çizgi olduğunu algılayabilmişlerdir. Eş zamanlı taramada ise, gönüllüler kartonu hareket ettirerek objenin değişimlere tepkilerini dinleyerek düz bir çizgi olduğu kanısına varmışlardır. Buradaki en iyi algılama eş zamanlı tarama ile yapılmıştır.

Yedinci görüntü, karton üzerinde iki adet noktadan oluşmaktadır. Merkeze göre simetrik olduklarından en iyi merkezden tarama ile anlaşılmıştır ve bununla birlikte soldan sağa ve eşzamanlı taramayla da başarı elde edilmiştir.

Sekizinci görüntü, bir daireden oluşan objedir. Soldan sağa tarama ile bunun bir daire olabileceğini hiçbir gönüllü söyleyememiş, gönüllülerden daha çok ya bir yay parçası, ya da dikdörtgene benzeyen bir obje olduğu cevabı alınmıştır. Eş zamanlı taramada kartonu hareket ettirerek objenin hatlarında kamera ile gezinti yaparak objenin bir yuvarlak olabileceği cevapları verilebilmiştir.

Dokuzuncu görüntüde Beşinci görüntüdeki sabit resmin kartona çizilmiş hali bulunmaktadır. Gönüllüler sabit resimde iken soldan sağa tarama ile başarı sağlamışlardır, ancak karton üzerinde iken soldan sağa taramanın yanında eşzamanlı

tarama da başarı sağlamıştır ve birden fazla kıstasa verilen yanıtlar düşünüldüğünde eş zamanlı tarama daha fazla puan almıştır.

Onuncu görüntüde tek bir nokta karton üzerinde hareket ettirilmiştir. Hareket ettirilen objelerde soldan sağa tarama, objelerin hareketini yakalamada geç kaldığı için birden fazla denemede ancak nereye doğru hareket ettiği belirlenebilmiştir, ancak eş zamanlı taramada, hareketin anlık değişimi yakalanabildiği için eş zamanlı taramada çok daha yüksek başarı sağlanmıştır.

## 8. SONUÇ

Bu tez çalışması ile görme engelliler için yapılan çalışmalara alternatif yeni bir çalışma getirilmiştir ve görme engelliler için güncel olmaya aday bu sistemin nerelerde kullanılabileceği, diğer sistemlere göre yararları ve yetersiz kaldığı durumları ortaya çıkarılmıştır. Görme engellilerin hayatlarında nasıl bir değişiklik yapabileceği anlatılmıştır. Gönüllülerle yapılan deneylerde, tezin araştırma konusu olan eş zamanlı dönüşüm metodunun görme engelliler için yararlı olabileceği sunulmuştur. Kamera pasif iken aktif objelerin, ya da kamera aktif iken pasif objelerin algılanmasında büyük başarı sağlanmıştır.

Deneyin sonuçları incelendiğinde, eş zamanlı tarama ile hareket eden bir objenin çok daha kolay algılanabildiği ortaya çıkmaktadır. Kamera sabit iken ya da herhangi bir sabit resim ele alındığında soldan sağa tarama ile hareketsiz objelerin hatları çok daha kolay belirlenebilmektedir. Kaç adet obje olduğu, objelerin ekrana nasıl dağıldıkları soldan sağa tarama ile daha kolay algılandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu objeler hareket ettirildiklerinde objelerin hatlarını algılamak güçleşmektedir, ancak objelerin ne tarafa doğru hareket ettiğini algılamak eş zamanlı tarama ile mümkün olmaktadır. Birden fazla hareketsiz obje içinde hareket ettirilen objeler de eş zamanlı tarama ile başarılı şekilde algılanabilmektedir.

## 9. ÖNERİLER

Görme engelliler için geliştirilen eş zamanlı tarama metodu, yine bu çalışma için geliştirilen sistemde, uygulanabilme alanı bulmuştur. Bu sistem, üç farklı tarama yöntemini de desteklemektedir ve her yöntem ile çalışılabilmektedir. Sistemde objelerin hatlarını ortaya çıkarabilmek için Canny-Edge yöntemi, objelerin hatlarını ortaya çıkardıktan sonra oluşabilecek parazitleri yok etmek için noise reduction-Median Cut yöntemi kullanılmıştır. Sistemde bu yöntemlerle objelerin hatlarının belirlenmesinde yeterli başarı sağlanmıştır.

İleride yapılabilecek çalışmalarda eş zamanlı tarama yöntemi kullanılarak algılamada beynin fizyolojik tepkileri araştırılabilir ve diğer tarama yöntemlerindeki tepkilerle karşılaştırılabilir. Bu çalışmanın gerçekleşmesi için tıp alanından destek alınmalıdır. Yapılan deneylerden her birisi tekrarlanarak beynin her görüntü ve her görüntünün tarama yöntemi için vereceği tepkisel sinyallere (MR) bakılarak taramaların hareketli ve hareketsiz objelerde nasıl etkiler yarattığı ortaya çıkarılabilir.

Sisteme getirilebilecek yeniliklerden biri, eş zamanlı taramanın stereo bir kamera ile kullanılarak görme engellilerin algılamasındaki etkilerinin araştırılması olabilir.

Sistemde arayüzün kullanımının kolaylaştırılması için kısa yollar kullanılmıştır, bunlardan da daha kolay olabilmesi için ses komutları ile mönüleri yönetmek fikri sisteme uygulama olarak eklenebilir.

Aynı zamanda sisteme metin tanıma algoritmaları eklenerek etrafta var olan metinler tespit edildiğinde görüntüde bir metin olduğunu belirtecek değişik bir ses sinyali dinletilir ve kullanıcı bu sesi duyduğunda ses komutu ile metin algılama moduna geçebilir. Metin algılandıktan sonra, metnin kullanıcıya iletilmesi için metin okuma algoritması da eklenmelidir. Sisteme yeni filtreler eklenerek, renkleri ayırt etmek, insan görüntü bilgisini ortaya çıkarmak sistemin verimi artırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] K. K. Evans and A. Treisman, ``Crossmodal binding of audio-visual correspondent features," *Journal of Vision*, Vol. 5, No. 8, p. 874a, 2005,
- [2] F. Maeda, R. Kanai and S. Shimojo, ``Changing pitch induced visual motion illusion" ,*Current Biology*, Vol. 14, No. 23, pp. R990-R991, 2004.
- [3] J. J. Stekelenburg and J. Vroomen, ``An event-related potential investigation of the time-course of temporal ventriloquism," *Neuroreport*, Vol. 16, No. 6 pp. 641-644, April 25, 2005,
- [4] Meijer Peter B.L , “An experimental System for Auditory Image Representations, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol 39, No.2, pp.112-121, Feb 1992”
- [5] Martins A.C.G. , R.M. Rangayyan, and R.A. Ruschioni, 2001, "Auditory display and sonification of texture in images", *Journal of Electronic Imaging*, 10(3): 690-705.
- [6] González Mora, J.L., Rodríguez-Hernández, A., Rodríguez-Ramos, L.F., Díaz-Saco, L., Sosa, N. "Development of a new space perception system for blind people, based on the creation of a virtual acoustic space". *Proceedings of the International Work Conference on Artificial and Natural networks*. Vol. 2, pp 321-330. Springer. 1999
- [7] Giannakis Kostas , [Thesis project], Sound Mosaics, A Graphical User Interface For Sound Synthesis Based On Auditory-Visual Associations, pp 17-42
- [8] Rich Anina N. and Mattingley Jason B. Anomalous perception in synaesthesia: a cognitive neuroscience perspective. *Nature Neuroscience*, Vol.3, January 2002, 43-52.
- [9] Driver, J., & Spence, C. (2000). Multisensory perception: Beyond modularity and convergence. *Current Biology*, vol.10, R731-R735.
- [10] The vOICe , (2006, April 02).Vision Technology for the Totally Blind. Retrieved June 12, 2006 from <http://seeingwithsound.com>
- [11] Frederic Paquay, University of Liege (Belgium), Thesis project, 22 november 2005, Technology to help blind people: Image restitution by sonorous signals, retrived <http://www.seeingwithsound.com/extra/AV-eng.pdf>

- [12] RODRIGUES, Eduardo Büchele, AVILA, Marcos Pereira de, HESSE, Lutz et al. Electronic implants to restore vision in blind patients. Arq. Bras. Oftalmol., Mar./Apr. 2004, vol.67, no.2, p.359-369. ISSN 0004-2749.]
- [13] Tactile Sensation Display with Electrotactile Interface, student. Oktay Yarimaga, Student. Junhun Lee, Dr. Jeha Ryu, Student. Beom-Chan Lee(GIST, Korea) ICCAS2005, June 2-5, FA05-5, 10:20-10:40
- [14] Bach-y-Rita, P., Tyler, M., & Kaczmarek, K. (2003). Seeing with the Brain. International Journal of Human Computer Interaction, 15(2), 285-295 (<http://www.cs.utexas.edu/users/kuipers/readings/Bach-y-Rita-ijhci-03.pdf>)
- [15] Harry Reid, 1998, Sonic Eye , Retrieved June 12, 2006 from <http://www.seeingwithsound.com/projects.htm>



# NIHAT ERİM INCEOGLU

## R e s u m e

Gürpınar/İSTANBUL

Phone: +90 533 720 38 00 (cell) +90 212 880 66 95 (Residence)

E-mail : [erim@satko.com.tr](mailto:erim@satko.com.tr)

### Personal Info

- Date and Place of Birth: 01.April.1980, Istanbul
- Marital Status: Married
- Creative, developer, open to learn all updated subjects, generally likes team working.

### Skills

- Significant experience in software developer tools such as *Visual Studio6.0, Borland 3.01, TurboC, Macromedia Flash x.x*
- Significant knowledge on Data modelling software such as *MS-SQL Server, Erwin4.0, MSAccess*
- Significant experiences in software developing with Delphi
- Good+ knowledge on software developing with C, C++, WinAPI programming.
- Significant experiences on web design and web design tools such as *MS Frontpage, Macromedia Flash 4.0-5.0-MX and Action Script , HTML etc.*
- Knowledge on Electronic circuit design and analysing software such as *Electronic workbench, PSPICE.*
- Significant knowledge on graphic design software such as *Photoshop, PSP.*
- Significant experience in, *MS Windows9x, XP.*
- Significant experience in, *MS Office(Word, Excel, Power Point)*
- Interested in Internet programming, *HTML, Java, Java script, XML, PHP.*
- Interested in Computer Network, *TCP/IP, LAN*
- Intermediate knowledge on CAD software such as, *AutoCAD.*
- Hands-on team player
- Excellent interpersonal skills
- Adaptable, honest, thorough and committed
- Exceptional communication skills both written and verbal
- Strong planning and organizational skills
- Excellent problem solving abilities

## Trainings

- C programming Language, *C and System programmer Society- CSS (2001), ISTANBUL*
- Advanced C programming and system programming, *CSS(2002), ISTANBUL*
- Data Modelling and Data Mining, SQL Server and SQL, *CSS(2002), ISTANBUL*
- C++ programming Language, *CSS(2003), ISTANBUL*
- Win API, *CSS(2003-2004), ISTANBUL*
- Delphi 7.0 , (2003), *ISTANBUL*

## Work Experiences

- **KOÇ.NET, Istanbul, Turkey**  
*August 1999 (Trainee)*
  - Tested internet connection interface program
  - Maintained data Inputting data for kentrehberi.koc.net web page.
- **TAKOSAN A.S. , Istanbul, Turkey.**  
*July 2001(Trainee)*
  - Upkeep and repair
  - Maintained test-indicator equipments
- **SATKO Telecommunication System Management Istanbul, Turkey**  
*June2003 –September 2003 (Trainee)*
  - Developed/maintained digital map and server application using Delphi 7.0
- **SATKO Telecommunication System Management Istanbul, Turkey**  
*September2003 –Present*
  - Developed/maintained digital map and server application
  - Transforming AutoCAD data to vectored intelligent MAP.
  - Intelligent Map data acquiring from web
  - GSM/GPRS and GSM/SMS Server Application Developing.
  - Account Management Interface

## Education

- |             |                                                          |          |
|-------------|----------------------------------------------------------|----------|
| • 2003-2006 | GIT – Computer Engineering Master program                | Gebze    |
| • 1999-2003 | Sakarya University Electrical and Electronic Engineering | Sakarya  |
| • 1995-1999 | Haydarpaşa Super High school                             | Istanbul |
| • 1992-1995 | Anadolu Hisarı Secondary School                          | Istanbul |
| • 1987-1992 | Sedat Simavi primary school                              | Istanbul |

## **Projects**

---

- Intelligent home automation, alternatives. Controlling home equipments through C, C++, with parallel port – serial port interface. (Sakarya University- Engineering Project)
- Controlling home equipments on internet through Java, storing home status with SQL server and navigating home with java. (Sakarya University – Thesis project)
- Simulation software, analysis of symmetrical components, unbalanced power system.-SAU
- Simulation software, capacitor's charges and discharges forms, calculating and drawing graphics of capacitor's states.-SAU
- Operating System Project- ( File Systems, Encryption, communicating with parallel and serial ports, modem) (CSS)
- Importing Excel Document to SQL Server and analysing, filtering data.
- Tables backup tool, Converting MY-SQL Script for using with Oracle, Interbase and MS-SQL Throughout Delphi.
- Intelligent MAP designer software development, using Delphi 7.0
- GSM/GPRS Server Design and Development
- Continental Tyre Adjustment Software

## **Professional Organisations**

---

- C and System Programmer Society
- Turkish Education Volunteer's Organisation (as a volunteer teacher of earthquake mistreated children-One year training experience at TEGV)
- TEMA (Turkish struggle with erosion and research Organisation)
- Electrical Engineer's Society
- 3E-Club Electrical and Electronic Engineer's Club. (Sakarya University)
- AIESEC (International trainee exchange organisation)

## **Languages**

---

- Turkish as native language.
- English, Advanced level.

## **References**

---

Excellent references available upon request