

i-RoHEAD

“Eğitim, Eğlence ve Güvenlik Amaçlı Kullanılabilen İnteraktif Robotik Kafa”

Öğr. Gör. Oğul GÖÇMEN
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Başkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye
ogul@baskent.edu.tr

Güçlü KIVANÇ
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Başkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye
21104291@mail.baskent.edu.tr

Özet— Bu çalışmada, okul öncesi çocukların eğitimi ve eğlendirilmesi amacıyla, insan hareketlerine duyarlı, interaktif bir robotik kafa geliştirilmiştir. Bu robotik kafa aynı zamanda bir güvenlik cihazı olarak da karakterize edilmektedir. Gaz kaçağı, yangın ve deprem gibi durumları tespit ettiğinde, acil durum kısa mesajlarını ilgili kişilere GSM kartı ile göndermektedir. Bu iki birleştirilmiş özelliği sayesinde diğerlerinden farklılık göstermektedir.

Anahtar Kelimeler—Robotik, insan bilgisayar etkileşimi, görüntü işleme, güvenlik, eğitim ve eğlence.

Abstract- In this study, an interactive robotic head which is sensitive to human actions was developed for educational and entertaining purpose for pre-school chlds. This robotic head also characterized as a security device. It sends emergency short messages via GSM shield to authorized person when it detects a gas leak, fire or an earthquake. Because of these two combined properties it varies from others.

Keywords – Robotics, human computer interaction, image processing, security, education and entertainment.

I. GİRİŞ

Günümüzde birçok güvenlik sistemi mevcuttur. Bu sistemler tiplerine göre kameralı gözetleme sistemi olabileceği gibi sensörlü sistemler veya bunların hibrit modelleri şeklindedir [1,2].

Yerli üretim eğlence ve eğitim sistemlerinin birçoğu tuşlu basma takımına sahip ses ve müzik çalabilen modellerdir [3]. Selçuk üniversitesinde geliştirilen mühendislik eğitiminde, kontrol, robotik ve makine dili programlama gibi derslere web tabanlı gerçek laboratuvar desteği veren SUNAR isimli robotun da bina dışı uygulamalarda ortamların gözlenmesi için kullanıldığı bildirilmiştir [7].

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada hem güvenlik amaçlı kullanılabilen hem de eğlence ve eğitimi bir arada barındıran, programlanmaya ve geliştirilmeye uygun, kullanım alanı olarak geniş bir spektruma sahip bir robotik kafa üretilmiştir. İnteraktif robotik kafa kısaca “i-RoHEAD” olarak isimlendirilen bu çalışmada başta çocuklu aileler olmak üzere, tüm ev kullanıcıları, eğlence merkezleri, okul öncesi eğitim

kurumları vb. kuruluşların ilgi odağı olabileceği düşünülen bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin temel amacı eğlendirmek olsa da, eğlendirirken eğitmesi ile okul öncesi çocuklara harfleri, sayıları, şekilleri, renkleri, basit hesaplamaları ve İngilizce basit kelimeleri sahip olduğu multimedya donanımı sayesinde aktarılabilir. Bu işlemleri gerçekleştirirken çocuğa fiziksel aktivite de yaptırmaktadır. Kamerasından alınan görüntüler sayesinde insan bilgisayar etkileşimini sağlamakta ve cihaz bekleme durumunda iken de sensörlerinden alınan veriler ile güvenlik ürünü olarak hizmet sağlamaktadır.

II. SİSTEM HAKKINDA

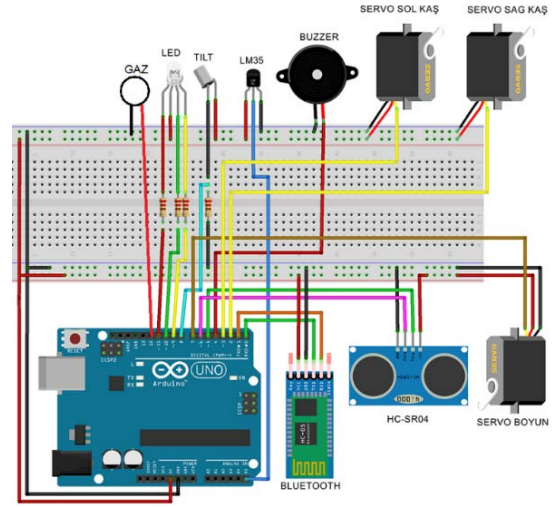
Geliştirilen sistem yazılım ve donanım olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Yazılım gömülü sistem, görüntü işleme ve mobil yazılım olmak üzere üçe, donanım da kendi içerisinde elektronik donanım ve mobil donanım olarak ikiye ayrılmaktadır. Yazılım ve donanım arasındaki iletişim birden farklı protokolün eş uyumu ve senkronizasyonu ile sağlanmıştır. Robotik kafanın gömülü sistem yazılımının bilgisayar üzerinde çalışan görüntü işleme yazılımı ile haberleşmesi seri port üzerinden gerçekleştirilirken, kafanın mobil donanımı ile haberleşmesi bluetooth teknolojisi ile sağlanmaktadır. (Şekil-1) Aynı zamanda GSM teknolojisini de bünyesinde barındıran sistem, 3G veri iletimi hattı ile acil durum haberleşmesini gerçekleştirmekte ve yetkili kişilere uyarı kısa mesajı gönderebilmektedir.

III. DONANIM VE YAZILIM ALT YAPISI

Geliştirilen robotik kafa Tablo.1’de listelenen donanım elemanları ve bu elemanların listelenen kullanım amaçlarından oluşmaktadır. Şekil.1’de Fritzing programı ile çizilmiş sembolik devre şeması görülmektedir. Görüntüleme sistemi hariç, kafa içerisinde yer alan tüm donanım elemanları birbirlerine günümüzde birçok projede de kullanılan geliştirme kartlarından biri olan Arduino UNO ile bağlıdır. Son kullanıcıya sunduğu esnek ve kolay kullanımı varolan modülleriyle zaman içerisinde geliştirilebilir oluşu bu projede ilgili ürünlerin tercih edilmesine sebep olmuştur. Sistemin çalışma algoritmasına ait sözde kodu Figür.1’de sunulmuştur.

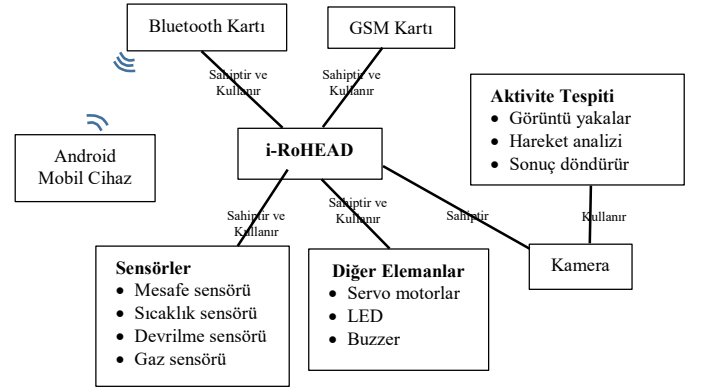
TABLO I. DONANIM ELAMANLARI VE KULLANIM AMAÇLARI

Donanım Elemanı	Kullanım Amacı
Arduino UNO	Ana kart olarak tüm devre elemanlarının iletişimini ve çalışmasını sağlama.
Gaz, Sıcaklık, Tilt Sensörü	Ortamın gaz ve ısı seviyelerinin ölçümü. Kafanın devrilme durumunun tespiti.
Ultrasonik Mesafe Sensörü	Mesafeye bağlı olarak kullanıcı etkileşimini devreye sokma.
Kamera	İnsan hareketlerini tanıma, ortam izleme.
GSM Kartı	Yetkili cep telefonu numarasına acil durum kısa mesajı gönderimi.
Android işletim sistemli Mobil Cihaz	Eğitim ve eğlence yazılımını çalıştırma, sesli ve görüntülü kullanıcıyı yönlendirme.
Bluetooth Kartı	Arduino ile mobil cihaz üzerinde çalışan eğlence yazılımı arası çift yönlü iletişimi sağlamak için kullanılır.



Şekil.1 Devre Şeması ve Fritzing Diyagramı

sorular soracak, robotik kafa ile kişinin etkileşimini kuracak bir ara yüz olarak görev yapacaktır. Kafa içerisine yerleştirilen web kamerası, çektiği görüntüyü direkt Matlab üzerindeki uygulamaya aktarmak ile yükümlüdür. Bu kamera sayesinde mobil cihazdan verilen sesli ve görsel yönlendirmeler, web kamerası üzerinden alınan görüntüler ile takip edilip, görüntü işleme uygulaması tarafından yorumlandıktan sonra sonuçları mobil uygulama ve i-RoHEAD arasında paylaşılmaktadır.



Şekil.2 Sistem Diyagramı

Figür.1 Tüm sistemin çalışma algoritması

Şekil.2’de sistem diyagramı görülen i-RoHEAD’e ilk güç verildiğinde HC-05 bluetooth modülü ile Android işletim sistemi yüklü mobil cihazın bluetooth donanımı arasında, cihazda yüklü olan mobil eğlence uygulaması kullanılarak, robotla olan veri bağlantısı kurulur. Figür.2’de bir kısmı görülen Matlab üzerinde çalışan görüntü işleme uygulaması, i-RoHEAD ile seri port üzerinden iletişim sağlamaktadır. Mobil cihaz bu sistemde kullanıcıyı yönlendirecek, ona

Kullanıcı robot kafası üzerinde yer alan Şekil.3’de görülen kafa üzerine yerleştirilmiş HC-SR04 ultrasonik mesafe ölçere 50cm kadar yaklaştığında eğlence sistemi devreye girmekte, bu aralık içerisinde birini tespit edemediği durumlarda ise, kafa bir güvenlik cihazı olarak çalışmasına devam etmektedir. Güvenlik cihazı olarak çalışırken birden fazla güvenlik sensörünün bilgisini sürekli olarak denetlemektedir.

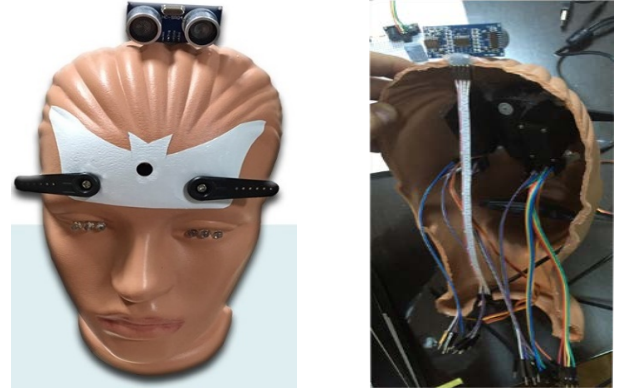
```

s=serial('COM4','BAUD',9600); fopen(s);
a=fscanf(s, '%d');
if a==1
v= videoinput('winvideo', 1, 'RGB24_352x288');
pause(1);
im1 = getsnapshot(v);
im1 = rgb2gray(im1);
im3 = histeq(im1);
pause(1);
im2 = getsnapshot(v);
im2 = rgb2gray(im2);
im4 = histeq(im2);
[Yukseklık, Genislik] = size(im4);
Yatay = 3; Dik = 5;
BolSay = Yatay * Dik;
IzgGen = floor( Genislik / Dik );
IzgYuk= floor( Yukseklık / Yatay );
OffsetDik = ones(Dik,1);
for i=1:Dik
    OffsetDik(i+1) = ( IzgGen * i );
end
OffYat = ones( Yatay, 1 );
for i=1:Yatay
    OffYat(i+1) = ( IzgYuk * i );
end
P3 = uint8(zeros(IzgYuk,IzgGen,BolSay));
k=0;
for i = 1:Dik
    for j = 1:Yatay
        k = k+1;
        for n = OffsetDik(i) : OffsetDik(i+1)
            for m = OffYat(j) : OffYat(j+1)
                P3 (m,n,k) = im3 (m,n);
            end
        end
    end
end
P4 = uint8(zeros(IzgYuk,IzgGen,BolSay));
k=0;
for i = 1:Dik
    for j = 1:Yatay
        k = k+1;
        for n = OffsetDik(i) : OffsetDik(i+1)
            for m = OffYat(j) : OffYat(j+1)
                P4 (m,n,k) = im4 (m,n);
            end
        end
    end
end
a = mean2(P3 (:,:,11)); b = mean2(P4 (:,:,11));
c = mean2(P3 (:,:,5)); d = mean2(P4 (:,:,5));
...
T= 1;
if ( abs(a-b) > T && abs(c-d) <= T )
    disp('SADECE SAĞ EL HAVADA');
    fprintf('%d',SoruID_1);
elseif ( abs(c-d) > T && abs(a-b) <= T )
    disp('SADECE SOL EL HAVADA');
    fprintf('%d',SoruID_2);
elseif( abs(c-d) <= T && abs(a-b) <= T )
    disp('KULLANICI HAREKETSİZ KALDI');
    fprintf('%d',SoruID_0);
elseif ( abs(c-d) >= T && abs(a-b) >= T )
    disp('HER İKİ EL HAVADA');
    fprintf('%d',SoruID_ID3);
end
...
end

```

Figür.2 Hareket tanıma kodlarının bir kısmı

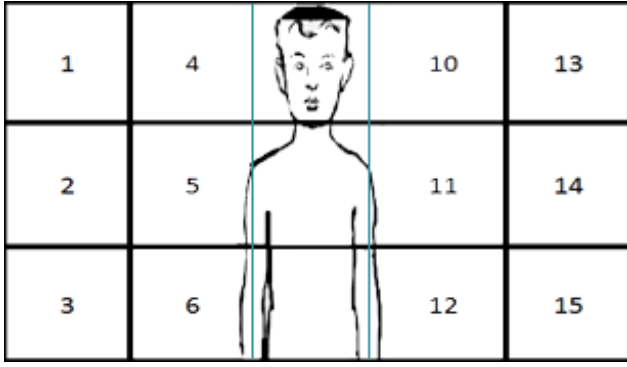
Bu sensörler Şekil.1’de de görülen gaz sensörü, devrilme sensörü ve sıcaklık sensörleridir [5]. Sistem, sıcaklık 60 derecenin üzerinde çıktığında ortamda ani bir sıcaklık değişiminin olduğunu ve bu duruma bağlı olarak bir yangın çıkmış olabileceği varsayımını yapar. Sistem, acil durum anında Arduino kartına bir ek olarak takılan GSM kartı üzerinden ilgili numaralara SMS göndermekte ve aynı zamanda da cihaz üzerinde bulunan mini hoparlör ile ortamdakilerin dikkatini çekecek düzeyde bir alarm çalmaya başlamaktadır. Aynı tepki ortamda gaz sensörünün devreye girmesi veya devrilme sensörünün devreye girmesi sonucu da verilmektedir. Bu üçlü koruma sistemi, güvenlik mekanizması olarak görev yapmaktadır.



Şekil.3 i-RoHEAD - Kafa Ön / Arka

A. Görüntü İşleme Yazılımı Çalışma Prensibi

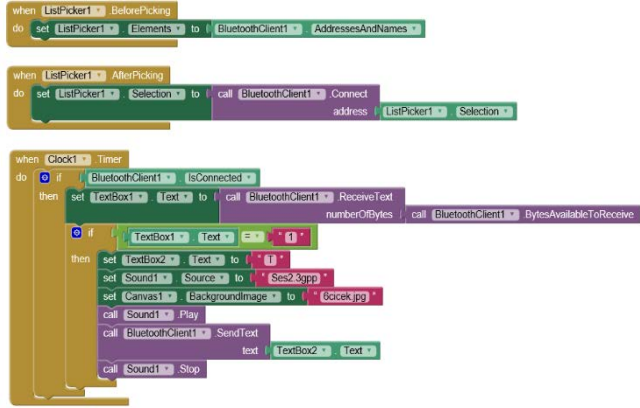
Sistemin, bir çocuğun hareketlerini izleyebilecek kadar hızlı çalışması ve gecikmeye düşmemesi için görüntü işleme yazılımı olarak geliştirilen basit bir uygulamanın bir kısmı Figür.2’de görülmektedir. Sistem eğlence moduna geçtiğinde alın bölgesinde yer alan kameradan gecikmeli olarak 1’er saniye ara ile iki adet 352x288 ebatlarında görüntü yakalar. Her bir görüntüyü yatayda 3, dikeyde 5 olmak üzere 15 bölgeye ayırır. Bölge numaralandırmaları Şekil.4’de görüldüğü gibi sol sütunda yukarıdan aşağıya doğru artmaktadır. Her bir ızgaranın genişlik ve yükseklik değerleri 70x96 piksel kadardır. Kafa üzerindeki mesafe sensörünün en iyi 30 derece görüş açısı içerisinde kalan bölgede en sağlıklı ölçümü yapabileceği donanım dokümantasyonunda bildirilmiştir. [4] Buna göre i-RoHEAD 50cm yüksekliğinde bir masa üzerine konulduğunda hedef kitle olan 3 ila 6 yaş arasındaki çocukların ortalama boyları olan yaklaşık 80cm ila 1.20cm boy aralığı kamera lens açısına göre üst gövdelerinin kabaca 7, 8, 9 numaralı alanlara iz düşümünü sağlamaktadır. 1, 2, 4, 5 ile 10, 11, 13, 14 numaralı alanlardan da kollarının hareketlerinin takibi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil.4 Hareket tespitinde izlenen bölge numaraları.

B. Mobil Eğlence Yazılımı Çalışma Prensibi

Mobil eğlence yazılımı MIT'nin online AppInventor uygulama geliştirme platformu kullanılarak çevrim içi yaratılmıştır. AppInventor yazılımı sürükle bırak mantığında uygulama geliştirilebilen ve çevrim içi kullanılabilen bir mobil uygulama geliştirme aracıdır. Bu araç sayesinde Android işletim sistemini kullanan mobil cihazlar üzerinde çalışan her tipteki uygulama çok rahatlıkla geliştirilebilir [6]. Geliştirilen uygulamanın kodlama ekranından bir görüntü Şekil.5'de görülmektedir. Bu görselde de dikkat edileceği gibi, geliştirme aracı bir lego gibi uygun şekilli modüllerin yine uygun parçalarla eşleşmesini sağlayacak şekilde dizayn edilmiş ve renklerle geliştirme süreci daha da basitleştirilmiştir.



Şekil.5 AppInventor uygulama geliştirme ara yüzünün bir kısmı.

Uygulama içerisinde farklı tipte sorular yer almaktadır. Bu sorular okul öncesi çocukların anlayabileceği karmaşıklıkta düzenlenmiştir. Sorulardan bazıları; “Ekranda sarı top görüyorsan sol elini havaya kaldırırsın mı?” veya “Köpeğin İngilizcesi DOG ise kollarını yana açar mısın?” gibi basit soru cümleleridir. Soruların cevaplarının hepsi fiziksel hareket ile verilecek şekilde düzenlenmiştir. Bu hareketlerin hepsinde

sağ veya sol kolun ya da her ikisinin çeşitli yönelimlerini kullanmaları çocuklardan istenmektedir. Bunlar üst bedene yönelik kolları yana açma veya havaya kaldırma gibi basit isteklerdir.



Şekil.6 i-RoHEAD görüntüleme cihazı ekranından bir sahne.

Mobil eğlence yazılımının içerisindeki yönergeler, çocuğun üst gövdesinin çalıştırılmasına ilişkin komutlardır. Komutların içeriğine göre yukarıda belirtilen bölgelerdeki değişim farklı kombinasyonlar ile iki resim arasında kontrol edilir. Örneğin çocuğa soru içerisinde kollarını iki yana aç isteğinde bulunulduğunda 2, 5 ve 11, 14 bölgelerindeki ortalama farkı gözlemlenmektedir. Fark resimlerinde belirlenen eşik değeri aşıldığında, anlamlı bir değişim söz konusu olduğunda verilen komut çocuk tarafından doğru bir şekilde yerine getirilmiş kabul edilmektedir. Fark resimleri alınırken görüntülerin arka planlarının durağan olduğu, sıralı fotoğraflar çekilirken ışık değişiminin olmadığı kabul edilmektedir. Arduino ile tetiklenen bu uygulama Bluetooth'dan gelen SoruID numarasına göre eğlence yazılımı içerisine gömülmüş ilgili soruyu seçer ve Şekil.6'daki gibi ekranda yazı ile gösterdiklerini aynı anda okuma bilmeyen çocuğa soru cümlesinin saklandığı ses dosyasını çalarak da dinletir. SoruID numarasına göre verilmesi gerekli cevap yani hareket önceden Matlab içinde bilindiği için çocuğun bu soruya göstereceği fiziksel tepkinin görüntü işleme analizi sonucu eşleşme göstermesi durumunda çocuğun soruları doğru bildiği, eşleşme olumsuz ise çocuğun yanlış hareket gerçekleştirdiği sonucu üretilir. Doğru bilmesi durumunda tebrik eden, yanlış bilmesi durumunda hevesini kırmadan teşvik edici işitsel bildirimler dinletilip, bu sesler ile ilgili görseller çocuğa ekrandan gösterilmektedir.

C. Gömülü Sistem Yazılımının Çalışma Prensibi

Figür.3'te görülen kod parçasında sıcaklık sensöründen alınan anlık değerler öncelikle mV 'a daha sonra da $^{\circ}C$ dereceye çevrilmiştir. Hesaplanan sıcaklık değerleri yine anlık olarak kontrol edilmektedir. Yüksek sıcaklık durumlarında, gaz kaçağı tespitinde veya devrilme tespit edildiğinde i-RoHEAD acil durum moduna geçmekte ve SMS göndermektedir.

```

...
...
...

//-----Sıcaklık ve Gaz Ölç-----//
Olculendeger1 = analogRead(sicaklikpin);
GazEsikDegeri = analogRead(gazpin);
Olculendeger1 = (Olculendeger1/1023)*5000;
sicaklik = Olculendeger1 / 10,0;
delay (2000);
//-----Sıcaklık Kontrol-----//
if (sicaklik > 60){
  sms.beginSMS(YetkiliNumara);
  sms.print("Acil Durum! Yangın olabilir!");
  sms.endSMS();
  setColor(0, 255, 255);
  tone(PIEZ0_PIN, 494, 500); }
else
{
  if (sicaklik > 50){
    sms.beginSMS(YetkiliNumara);
    sms.print("Dikkat! Ortam sıcaklığı anormal!");
    sms.endSMS();
    setColor(0, 0, 255);
    tone(PIEZ0_PIN, 494, 500); }
  if (sicaklik < 45){
    setColor(255, 255, 0);
    noTone(PIEZ0_PIN);}
}
//-----Gaz Kontrol-----//
if (GazEsikDegeri > 250 ) {
  sms.beginSMS(YetkiliNumara);
  sms.print("Dikkat! Gaz kaçacağı var !");
  sms.endSMS();
  setColor(0, 255, 255); // Red
  tone(PIEZ0_PIN, 494, 500); }

//-----Tilt Sensor Kontrol-----//
if (digitalRead(SENSOR_PIN) == HIGH){
  sms.beginSMS(YetkiliNumara);
  sms.print("i-RoHEAD devrildi,deprem olabilir!");
  sms.endSMS();
  setColor(0, 255, 255); // Red
  tone(PIEZ0_PIN, 494, 500); }
else{
  setColor(255, 255, 0); }
...
...
//-----Mesafe Ölç-----//
int duration, distance, pos = 0, i;
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration / 2) / 29.1;
...

```

Figür.3 Arduino sıcaklık, gaz ve mesafe kontrol kodlarının bir kısmı

Mesafe ölçüm sensörü sürekli yinelediği ölçümlerle, kullanıcının i-RoHEAD önünde 50cm mesafe içerisinde bulunup bulunmadığını incelemektedir. i-RoHEAD bir çocuğun yaklaştığına karar verdiğinde rastgele bir soru numarası üretir ve bu bilgiyi hem mobil uygulamaya hem de Matlab'a gönderir.

Figür.4'te Arduino ile Matlab arasındaki bilgi akışı görülmektedir. Açılan seri port üzerinden haberleşen Matlab, görüntü işleme sonucunda döndürdüğü anlamlı bilgileri seri port üzerine yazmaktadır. Arduino ile bu bilgiler okunur ve Bluetooth modülü ile Android cihaza aktarılır.

```

//-----Mesafe Kontrol & Soru Üret-----//
if (distance > 50 ) {
  status = 1;}
if (distance <= 50 && status == 1){
  SoruID = rand()%10;
  Serial.print(SoruID);
  status = 0; }
...
...
delay(10000);
//----- Matlab &Bluetooth-----//
if(Serial.available()>0&&Genotronex.available()){
  BluetoothData = Genotronex.read();
  MatlabSonucu = Serial.read();

  if(MatlabSonucu==SoruID&&SoruID==BluetoothData){
    setColor(255, 0, 255);
    myservo_right.write(45);
    myservo_left.write(0);
    Serial.println("DOGRU!");
    delay(2000);
    setColor(255, 255, 0); }

  ...
  ...
  if(MatlabSonucu!=SoruID&&SoruID!=BluetoothData){
    setColor(0, 255, 255);
    myservo_right.write(0);
    myservo_left.write(45);
    Serial.println("YANLIS!");
    delay(2000);
    setColor(255, 255, 0);
    myservo_right.write(45);
    myservo_left.write(0); }
  ...
}
...

```

Figür.4 Arduino Matlab senkronizasyon ve Bluetooth kontrol kodlarının bir kısmı

i-RoHEAD Bluetooth modülü ile Android cihaza bağlıdır. Android cihaz tarafından i-RoHEAD'e gönderilen değerler Arduino'da anlam kazanarak kullanıcıya fiziksel tepkiler oluşturur. Doğru veya yanlış bilinen sorular hem uygulama ekranı ile görsel ve işitsel olarak hem de i-RoHEAD üzerinden tepkisel olarak çocuğa iletilir. Bu tepkiler, robotun gözlerindeki LED'lerin renklerinin değişmesi, kaşlarını hareket ettirilmesi gibi farklılaşmaktadır.

IV. SONUÇ

Projenin Başkent Üniversitesi TEKMER'de yer alan "Gözlem Yazılım Ar-Ge Müh. Tic. Ltd. Şti." ortaklığı ile TÜBİTAK 2241-A Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi desteğine Ocak 2016 tarihinde başvurusu gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, durağan arka plan ve değişmeyen ışık koşulları altında yaklaşık %70 civarı başarı ile çalışabilen bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin sınırlı sayıda çocuk üzerinde denemesi yapılmıştır. Fotoğraf karelerinin yakalanması esnasında hareketli çocukların istenildiği kadar sabit durmayışı sistemin genel başarısını düşürmüştür. Günümüz mobil uygulamalarına alışkın olan çocukların ilgisini daha çok çekebilmek amacı ile geliştirilen mobil eğlence yazılımının güncellenmesi gereklidir. Prototipin dış görünüşünün endüstriyel tasarımının eksikliği başka bir dezavantaj olup, ilgi çekiciliği azalttığı düşünülmektedir. Fakat böyle bir sistemin tamamlanmış olması, yazılım ve donanım entegrasyonunun bitirilişi ve ilk prototipin üretilmesi bu çalışmadaki esas hedefimizdir.

Okul öncesi kurumlarda, oyun ve eğlence merkezlerinde ve istenirse evde kullanılabilecek modüler bir cihaz olması amacı ile öncelikle endüstriyel tasarımının gerçekleştirilmesi ve görüntü işleme yazılımının Matlab ortamından kurtarılması gereklidir.

İlk temellerin atıldığı bu çalışma gelecek yıllarda geliştirilecek çalışmalarımıza ön ayak olacaktır. Gerekli yazılımsal, donanımsal iyileştirmeler ile ürün iyileştirmeleri yapılacaktır.

REFERANSLAR

- [1] Akbal, E., Boyacı, A., Karabatak, G., & Ulaş, M. (2009). "Büyük kampüslerde ip tabanlı güvenlik kamera sistemi çözümü". *Akademik bilişim*, 9, 195-198.
- [2] ÇAKIR, H., & BABACAN, H. K. (2011). Hareketi Algılayan Kamera Destekli Güvenlik. *International journal of informatics technologies*, 4(2).
- [3] Özdemir, Ö. G. D., Karaman, S., Özgenel, C., & Özbolat, A. R. *Zihinsel engellilere yönelik robot destekli öğrenme ortamlarında etkileşim alternatiflerinin belirlenmesi*.
- [4] Arduino - <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- [5] Sensörler - <http://www.robotistan.com/sensor>
- [6] MIT App Inventor - <http://ai2.appinventor.mit.edu/>
- [7] Yılmaz N., Sağıroğlu Ş., Bayrak M. (2006) "Genel amaçlı web tabanlı mobil robot: SUNAR" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 4, 745-752, 2006