



**DIJİTAL HEDEF SİSTEMİNİN
ÜRETİMİ**

Salih KÖSE

**Yüksek Lisans Tezi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK**

**2020
Her hakkı saklıdır.**



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DİJİTAL HEDEF SİSTEMİNİN ÜRETİMİ

Salih KÖSE

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK

Anabilim Dalı: Elektrik Elektronik Mühendisliği

Erzurum

2020

Her hakkı saklıdır

T.C.
ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ ONAY FORMU

DİJİTAL HEDEF SİSTEMİNİN ÜRETİMİ

Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK danışmanlığında Salih KÖSE tarafından hazırlanan bu çalışma 29 / 05 / 2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **Oy birliği ile (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Tevhit KARACALI	<i>İmza</i>	:
Üye	: Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK	<i>İmza</i>	:
Üye	: Prof. Dr. İrfan KAYMAZ	<i>İmza</i>	:

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. Arzu GÖRMEZ
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

29 / 05 / 2020

Salih KÖSE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİJİTAL HEDEF SİSTEMİNİN ÜRETİMİ

Salih KÖSE

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK

Dijital hedef sistemleri hem sporda hem de eğitimde hedefi görüntülemek için birçok farklı durumu gerçekçi bir şekilde simüle etme esnekliği sağlayan benzersiz sistemlerdir. Günümüzde otomatik sistemler çok pahalıdır ve bu çalışmada maliyetin azaltılması hedeflenmiştir. Bu tez çalışmasında, mevcut sınıflandırma sistemleri, uygulama şekilleri ve tarihçeleri hakkındaki araştırmalar sunulmuştur. Kızılötesi verici ve kızılötesi alıcı ile taranan bir alanın içinden geçen merminin konumunu belirlemek, mermi konumuna göre puan hesaplamak, hedefin yerini dijital olarak görüntülemek ve merminin geçiş zamanını belirlemek amaçlanmıştır. Sistemde, donanım olarak kızılötesi alıcı verici sensörler, mikro denetleyiciler, bir filtreleme modeli ve bir bilgisayar kullanılmıştır. Tüm algoritma C ve C# kütüphaneleri kullanılarak yazılmıştır. Kızılötesi vericilerden çıkan ışığı odaklamak ve kızılötesi alıcının tek bir kızılötesi vericiden tetiklenmesini sağlamak için mat siyah malzemedan yapılmış özel bir model oluşturulmuş ve üretilmiştir. Daha sonra kızılötesi alıcı ve verici devreleri ile filtreleme modelinden oluşan üç katlı bir elektronik hedef tahtası üretilmiştir. Ayrıca merminin göreceli konumu ve puanı da bilgisayar yardımıyla belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında bir hedefin farklı bölümlerinin tespiti, segmentasyonu ve analizi için kullanılan algoritmalar açıklanmıştır. İlave olarak, sınıflandırma doğruluğunun analizi gerçek hedef kâğıdı ile sanal hedef görüntüsü karşılaştırılarak yapılmıştır. Analiz sonucunda 0 mm ile 7 mm arasında hata miktarının olduğu tespit edilmiştir. Bu sistemde hedef kâğıdı kullanımına gerek kalmadığından hedef kâğıdı maliyeti ortadan kaldırılmıştır. Bu nedenle çevre dostu bir sistemdir.

2020, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dijital hedef sistemi, Elektronik hedef tahtası, Optik çerçeve, Kızılötesi alıcı - verici sensör, Hedef puanlama

ABSTRACT

MS. Thesis

DİGİTAL TARGET SYSTEM PRODUCTION

Salih KÖSE

Erzurum Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical Electronic Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK

Digital target systems are unique systems that provide flexibility to realistically simulate many different situations and to display the target in both sports and education. Today, automated systems are very expensive and in this study it is aimed to reduce the cost. In this thesis, current classification systems, their applications and their history are investigated. It is also aimed to determine the position of a bullet passing through an area scanned by an infrared emitter and infrared receiver, to calculate points according to the bullet position, to display digitally the location of the target and to determine the passing time of the bullet. Infrared transceiver sensors, microcontrollers, a filtering model and a computer are used as hardware in the system. The entire algorithm has been written using C and C # libraries. A special model made of matte black material has been produced to focus the light from the infrared transmitters and to trigger the infrared receiver from a single infrared transmitter. A three-layer electronic target board has been produced that consists of infrared receiver and transmitter circuits and a filtering model circuit. The relative position and score of the bullet has also been determined using a computer. In this thesis, the algorithms have been used for the detection, segmentation and analysis of different parts of the target. In addition, analysis of classification accuracy has also been done by comparing the real target paper with the virtual target image. As a result of the analysis, it has been found that there is an error ratio between 0 mm and 7 mm. Since there is no need to use target paper in this system, the cost of target paper has been eliminated. Therefore, it is an environmentally friendly system.

2020, 86 page

Keywords: Digital target system, Electronic target board, Optical frame, Infrared transceiver sensor, Target scoring

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca çalışmalarında bilgi ve deneyimi ile bana yol gösteren değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde sonsuz emeği, sabrı, hoşgörüsü ve fedakârlığı olan her zaman destek ve güvenlerini hissettiğim, evlatları olmaktan ömrüm boyunca gurur duyduğum canım anneme ve canım babama, eğitim hayatım boyunca desteğini benden esirgemeyen çok sevdiğim eşim Semra KÖSE'ye ve canım oğlum Ertuğrul Uras KÖSE'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Salih KÖSE
29 Mayıs / 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Elektronik Hedef Sistemlerinin Sınıflandırılması	5
2.1.1. Ultrasonik konumlandırma elektronik hedef sistemleri	5
2.1.2. Lazer ölçüm tabanlı elektronik hedef sistemleri	7
2.1.3. Görüntü işleme tabanlı elektronik hedef sistemleri	9
2.2. Tarihçe.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Temel Kavramlar	25
3.1.1. LED (Light Emitting Diode-Işık Yayan Diyot)	25
3.1.2. Fotodedektör	29
3.2. Verici Devresi	32
3.3. Alıcı Devresi	35
3.4. Filtre Modeli	40
3.5. Baskı Devre Çizimi	45
3.6. Arduino Mega, Algoritma ve Yazılım	47
3.7. Visual Studio ile Yazılım	49
3.8. Dijital Hedef Sisteminin Kasasının Modellenmesi	54
3.8.1. Elektronik tahta kasasının modellenmesi	55
3.8.2. Elektronik devre kasasının modellenmesi	57
3.9. Dijital Hedef Sisteminin Üretimi	58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	64
4.1. Hedeflerin Karşılaştırmasının Gösterimi	64
4.2. Skor Doğruluğunun Gösterimi	76

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ.....	86



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a	Tek bir koordinat için deliğin çapı
$\lambda_{0,5}$	Spektral bant genişliği aralığı
λ_d	Baskın dalga boyu
λ_p	Tepe hassasiyetinin dalga boyu
λ	Dalga boyu
E_g	Yasak enerji aralığı
I_F, I_f	İleri akım
I_{FP}	Tepe ileri akım
I_k	Kısa devre voltajı
I_{ph}	Foto akım
I_r	Yedek akım
I_{r0}	Ters karanlık voltajı
I_{ra}	Ters ışık akımı
P_d, P_v	Güç dağılımı
P_o	Radyant Güç
R_{thJA}	Termal direnç bağlantısı
T_{OPT}, T_{amb}	Çalışma sıcaklığı
T_{STG}, T_{stg}	Depolama sıcaklığı
T_{sd}	Lehim sıcaklığı
$V_{(BR)}$	Arıza voltajı
V_{D1}, V_{D2}	Diyot voltajı
V_F	İleri voltaj
V_R	Ters voltaj

V_{cc}	Besleme voltajı
V_o	Açık devre voltajı
$X_{koordinat}$	Nesnenin dikey ekseninde merkezden uzaklığı
$Y_{koordinat}$	Nesnenin yatay ekseninde merkezden uzaklığı
t_1, t_2	Merminin geçiş süresi
t_f	Düşme zamanı
t_r	Yükselme zamanı
v_1, v_2	Merminin hızı
$h\nu$	Foton enerjisi
C	Kapasitör değeri
I	Akım değeri
L	Hedef kağıdının genişliği
NEP	Gürültü eşdeğer güç
R	Direnç değeri
V	Voltaj değeri
f	Frekans
x	Mermi uzunluğu
τ	Zaman sabiti
φ	Yarı hassasiyet açısı

Kısaltmalar

ISSF	Uluslar arası Atıcılık Sporları Federasyonu (Internatioanel Shooting Sport Federation)
UV	Morötesi (Ultraviolet)
IR	Kızılötesi (Infrared)
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
UART	Donanım Seri Bağlantı Noktası
USB	Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
ICSP	Devre Seri Programlama (In-Circuit Serial Programming)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. HEX Systems firması tarafından geliştirilen sistem.....	6
Şekil 2.2. Silver Mountain firması tarafından geliştirilen sistem.	6
Şekil 2.3. MEGAlink 4k187 sistemi.....	7
Şekil 2.4. SIUS tarafından geliştirilen lazer sistemi	8
Şekil 2.5. MEYTON tarafından üretilen sistemin şematiği.....	8
Şekil 2.6. Black Magic Sistemi.....	9
Şekil 2.7. ESA-SQ17 sistemi	9
Şekil 2.8. Elite Puan Sistemi.....	10
Şekil 2.9. Optik yöntem	11
Şekil 2.10. Klose'nin elektronik hedef sisteminin gösterimi.....	12
Şekil 2.11. Optik sistemin genel düzlem diyagramı.....	13
Şekil 2.12. Elektronik hedef sisteminin gösterimi	15
Şekil 2.13. Işığın odaklanmasının gösterimi.....	15
Şekil 2.14. Finch'in sisteminin gösterimi	16
Şekil 2.15. Funk and Fowler'in konum belirleme sistemi.....	17
Şekil 2.16. Otomatik hedef puanlama ve gösterim sistemi.....	18
Şekil 2.17. Elektronik hedef sistemi	19
Şekil 2.18. Poirier'in elektronik hedef sistemi.....	20
Şekil 2.19. Downing'in elektronik hedef sistemi.....	20
Şekil 2.20. Fikes'in elektronik hedef sistemi.....	21
Şekil 2.21. Kazakov and Gerasimov'un elektronik hedef sistemi	22
Şekil 2.22. Zhao and Yan'ın elektronik hedef sistemi.....	23
Şekil 2.23. Zivkovic'in elektronik hedef sistemi	24
Şekil 3.1. LED'in a) Çıkış gücü-akım ve b) Spektrum karakteristikleri: Kırmızı (LS5480 tipi) ve kızılötesi (LD274 tipi).	27
Şekil 3.2. LED'lerin ışınma diyagramları.....	27
Şekil 3.3. İdeal durumda LED ışığının yayılımı	28
Şekil 3.4. Optik eksenler arasındaki fark	28
Şekil 3.5. Işın lekesinin görüntüsü.....	29
Şekil 3.6. Fotodiyotun sembolü (a), yapısı (b) ve karakteristik eğrisi (c)	30
Şekil 3.7. Pin eklem şeması	31

Şekil 3.8. Fotodiyotun $V=f(E)$, $I=f(E)$ eğrileri.....	31
Şekil 3.9. SB-5010IRB Kızıl ötesi LED gösterimi	32
Şekil 3.10. (a) İleri akımın-ileri voltaj değişimi ve (b) bağıl ışık şiddeti-dalgaboyu değişimi.....	32
Şekil 3.11. (a) Bağıl ışık şiddeti-ileri tepe akım değişimi ve (b) ileri voltaj-sıcaklık değişimi.....	33
Şekil 3.12. Verici Devresi.....	34
Şekil 3.13. BPW41N pin fotodiyot gösterimi	36
Şekil 3.14. (a) Ters besleme akımının aydınlık ortam sıcaklığa bağımlılığı diyagramı ve (b) farklı aydınlatma şiddetlerinde ters yöndeki akımın ters besleme voltajına karşı değişim diyagramı	37
Şekil 3.15. (a) Işık altında ters besleme akımının aydınlatma şiddetine bağımlılığı diyagramı ve (b) Diyot sığasının – ters besleme voltajına bağımlılığı diyagramı.....	37
Şekil 3.16. (a) Spektral hassaslığın – dalgaboyuna karşı değişim diyagramı ve (b) hassaslığın aydınlatma açısına bağlı değişim diyagramı	38
Şekil 3.17. Alıcı devresi.....	40
Şekil 3.18. Tüp uzunluğuna göre fotodiyotun görüş açısı	41
Şekil 3.19. Filtre modelinde kullanılan fotodiyot ve kızılötesi LED'in dizilimi	41
Şekil 3.20. Fotodiyotta gürültüden azaltma yönteminin gösterimi.....	42
Şekil 3.21. Uluslararası Atıcılık Sporları Federasyonunun 10 metre havalı tabanca organizasyonlarında kullandığı hedef kâğıdı	43
Şekil 3.22. Birinci kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi	44
Şekil 3.23. İkinci kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi	44
Şekil 3.24. Üçüncü kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi	44
Şekil 3.25. Tüm katların üst üste yerleştirilerek tasarlanan modelin önden gösterimi	45
Şekil 3.26. Birinci kat baskı devre gösterimi.....	45
Şekil 3.27. İkinci kat baskı devre gösterimi.....	46
Şekil 3.28. Üçüncü kat baskı devre gösterimi.....	46
Şekil 3.29. X koordinat algoritması	47
Şekil 3.30. Y koordinat algoritması	48
Şekil 3.31. Hedef kâğıdı üzerinde gösterilen bölgeler	50
Şekil 3.32. Elektronik hedef tahtası üst kapak tasarımı	55
Şekil 3.33. Elektronik hedef tahtası alt kapak tasarımı.....	56
Şekil 3.34. Hedef kâğıdı tutucu tasarımı.....	56

Şekil 3.35. Elektronik devre üst kapak tasarımı	57
Şekil 3.36. Elektronik devre alt kapak tasarımı	57
Şekil 3.37. Dijital hedef sistemi birimleri	58
Şekil 3.38. Elektronik hedef tahtası için breadboard kullanılarak siyaha boyanmış pipetlerle yapılan tasarımlar	58
Şekil 3.39. Modellenen filtrenin 3D yazıcı ile üretiminin gerçekleştirilmesi.....	59
Şekil 3.40. Üretilen filtre modeline malzemelerin yerleştirilmesi	59
Şekil 3.41. Üretilen filtrenin breadboard üzerinde denenmesi	60
Şekil 3.42. Baskı devrenin Çıkarılması.....	60
Şekil 3.43. Baskı devresi yapılmış devrede deliklerin açılması.....	61
Şekil 3.44. Baskı devrenin filtre tasarımına monte edilmesi ve mikro denetleyici ile kontrolünün gösterimi	61
Şekil 3.45. Üç ayrı devrenin metal distans vidalar ile üst üste birleştirilmesi	62
Şekil 3.46. Üretilen hedef tahtasının ve bilgisayardaki çıktının gösterimi	62
Şekil 3.47. Genel olarak dijital hedef sisteminin gösterimi	63
Şekil 4.1. Hedef tahtasının ve gerçek hedef kağıdının gösterimi.	64
Şekil 4.2. Sanal hedefin ve gerekli bilgilerin gösterildiği windows penceresi	65
Şekil 4.3. Birinci uygulamada elde edilen sonuçların gösterimi	66
Şekil 4.4. İkinci uygulamada elde edilen sonuçlar	67
Şekil 4.5. Üçüncü uygulamada elde edilen sonuçlar	68
Şekil 4.6. Dördüncü uygulamada elde edilen sonuçlar	69
Şekil 4.7. Beşinci uygulamada elde edilen sonuçlar	70
Şekil 4.8. Altıncı uygulamada elde edilen sonuçlar	71
Şekil 4.9. Yedinci uygulamada elde edilen sonuçlar	72
Şekil 4.10. Sekizinci uygulamada elde edilen sonuçlar	73
Şekil 4.11. Dokuzuncu uygulamada elde edilen sonuçlar	74
Şekil 4.12. Onuncu uygulamada elde edilen sonuçlar	75
Şekil 4.13. Birinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar	77
Şekil 4.14. İkinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar	77
Şekil 4.15. Üçüncü uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar	78
Şekil 4.16. Dördüncü uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar.....	78
Şekil 4.17. Beşinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar.....	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Spektrum karakteristiklerinin parametreleri	26
Çizelge 3.2. Mutlak maksimum derecelendirme	33
Çizelge 3.3. Elektrik ve optik özellikler ($T_a = 25\text{ °C}$).....	33
Çizelge 3.4 Ürün özeti.....	38
Çizelge 3.5. Maksimum değerler (Sıcaklık = 25 °C) bilgisi.....	38
Çizelge 3.6. Temel özellikler (Sıcaklık = 25 °C) bilgisi	39
Çizelge 3.7. P10 hedeflerine göre halka çapı ve toleranslar	53
Çizelge 4.1. Birinci uygulamada elde edilen veriler	66
Çizelge 4.2. İkinci uygulamada elde edilen veriler	67
Çizelge 4.3. Üçüncü uygulamada elde edilen veriler.....	68
Çizelge 4.4. Dördüncü uygulamada elde edilen veriler	69
Çizelge 4.5. Beşinci uygulamada elde edilen veriler	70
Çizelge 4.6 Altıncı uygulamada elde edilen veriler	71
Çizelge 4.7. Yedinci uygulamada elde edilen veriler	72
Çizelge 4.8. Sekizinci uygulamada elde edilen veriler	73
Çizelge 4.9. Dokuzuncu uygulamada elde edilen veriler.....	74
Çizelge 4.10. Onuncu uygulamada elde edilen veriler	75

1. GİRİŞ

Elektronik hedef sistemleri hem sporda hem de eğitimde hedefi görüntülemek için birçok farklı durumu gerçekçi bir şekilde simüle etme esnekliği sağlayan benzersiz bir sistemdir. Günümüzde asker, polis ve siviller tarafından kullanılmakta olan eğitim kurslarının neredeyse tamamı ideal koşullar altında kâğıt bir hedef kullanmaktadır (Faith 1984).

En iyi bilinen ve günümüzde ticari olarak kullanılan otomatik sınıflandırma sistemleri aşağıda verilmiştir (Moreira 2017).

Ultrasonik konumlandırma elektronik hedef sistemleri; hedeften geçen merminin sesine dayanarak etki merkezini tespit eden sistemler olarak adlandırılır. Mermiyi algılayan ve mermi ile arasındaki mesafeyi ölçen 3 veya daha fazla ultrasonik sensör kullanır. Ayrıca en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Bu sistemler her zaman gerçek zamanlıdır. Yani atıştan kısa bir süre sonra puanı hesaplar. Bu prensibe dayalı hedefleme sistemleri pazarlayan HEX Systems, Silver Mountain, MEGALink ve SIUS vb. firmalar ticari olarak kendi sistemlerini pazarlamaktadırlar (Moreira and Araujo 2017).

Lazer ölçüm tabanlı elektronik hedef sistemleri, gerçek zamanlı olarak sınıflandırılır. Bu sistemlerde, mermiyi algılayan ve mermi ile arasındaki mesafeyi ölçen 3 veya daha fazla kızılötesi lazer sensör kullanılır. SIUS ve Meyton Company vb. firmalar ticari olarak kendi sistemlerini pazarlamaktadırlar (Moreira 2017).

Görüntü işleme tabanlı elektronik hedef sisteminde, tipik olarak gerçek zamanlı hedefleri sınıflandırır. Kâğıt hedefler skoru kaydetmek için kullanılır. Ancak daha sonra bu hedefler sınıflandırılır. Intarso ve Elite Score gibi firmalar bu gerçek zamanlı ölçüm sistemlerini pazarlamaktadırlar (Moreira 2017).

Bu üç elektronik sistemden farklı olarak atış eğitimi ve etkinliklerinde kullanılabilecek elektronik hedef sistemleri arasında çift elektrotlu kısa devre örnekleme sistemleri, yarıiletken elektronik hedef sistemleri ve ultrasonik konumlandırma elektronik hedef sistemleri bulunur (Zhao and Yan 2017).

1. GİRİŞ

Günümüze kadar, yarıiletken elektronik hedef sistemlerinde kızılötesi alıcı ve kızılötesi verici ile tasarlanan birçok çalışma vardır. Bu çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Dunham (1944), ışığa duyarlı araçlar içeren kendinden işaretleme hedef sistemi geliştirmiştir. Böylece mühimmatın doğruluğunu belirlemek ve karanlıkta bir merminin koordinatlarını belirlemek için araçlar sağlamaktır. Optik yöntem, yatay ve dikey bir düzlemi aydınlatmak için uyarlanmış bir ışık kaynağı şeridinden ve her bir ışık kaynağı da amplikatör devresinden oluşmaktadır.

Crittenden et al. (1973)'in buluşu, bir merminin konumunu ve çapını bir referans çerçevesinde ölçmek, hedef alanı boyunca toplanan ışık huzmelerini görüntülemek için ışık kaynaklarının dikey ve yatay kümelerine karşılık gelen dikey ve yatay ışık reseptörünü içeren bir hedef sistemini açıklamaktadır.

Funk and Fowler (1982), bir hedef yüzeyinin taranması için ışık kaynaklarının ve detektörlerin dikey koordinat dizilerine sahip çapraz ışık huzmesi ile konum belirleyen bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem geliştirilmiş bir başlatma kontrolüne sahiptir.

Goodwin and Melsheimer (1988) tarafından geliştirilen sistem, ışık verici cihazlar ile ışık alıcı cihazlar arasında çapraz uzanan, çapraz kesen XY tipi koordinat ışık huzmelerine sahip bir hedef alanından geçen merminin konumunu belirlemek, konuma göre bir puan hesaplamak ve merminin hedefe ve skora göre konumunu gösteren bir hedef kopyasını görüntülemek için otomatik bir elektronik hedef sistemidir. Bu buluş, otomatik hedef puanlama ve gösterim sistemidir.

Zivkovic et al. (2019), optoelektronik kızılötesi sensörler üzerinde geliştirilen ve hedefte herhangi bir malzeme (Kâğıt vb.) kullanmadan yüksek çözünürlüklü elektronik hedef sistemini tasarlamıştır. Mikrobilgisayar platformu ile birleştirilmiş çoklu kızılötesi sensörler ile optik çerçeve oluşturulur. Hedef sisteminin tamamı, dikey ve yatay yönde konumlandırma için iki çerçeveden oluşur. Her vuruş, belirli sensörlerden veri olarak kaydedilir. Farklı isabetler farklı zaman etiketlerine sahiptir. Ortalama isabet, isabet şeklinin belirli bir noktasıdır ve gerçek isabeti temsil etmez. Ortalama isabetin belirlenmesi grafiksel veya sayısal olarak yapılabilir ve isabet sayısına bağlıdır. Ortalama

isabet, gruptaki isabetlerin koordinatının ortalama değerlerinin dikey ve yatay eksenlerinin çapraz noktası olarak belirlenen noktadır. Ortalama isabetin dikey koordinatı, dikey isabet-yükseklik olarak ölçülen tüm isabetlerin ortalama değeridir. Ortalama isabetin yatay koordinatı, tüm isabetlerin yatay yönü-genişliği olarak ölçülen ortalama değeridir. Tespit edilen her isabet, ortalama isabetten türetmenin belirli bir değerine sahiptir.

Tezin amacı ve içeriği

Günümüzde, mevcut teknolojik gelişim ile birçok eğitim platformunda otomatik sınıflandırma sistemleri bulunmaktadır. Ancak hedefin konumunu ve puanlamasını elde etmek için otomatik sistemler çok pahalıdır. Bu tezde sunulan elektronik hedef sisteminin günümüze kadar yapılan hedef sistemlerine göre maliyetinin daha düşük olması hedeflenmiştir. Aynı zamanda hedef kâğıdı kullanımına gerek kalmadığından hedef kâğıdı maliyeti olmamakta ve çevreci bir yol izlenmektedir. Bu tez çalışmasında, kızılötesi verici ve alıcı ile taranan bir alanın içinden geçen merminin konumunu belirlemek, mermi konumuna göre puan hesaplamak, hedefin yerini dijital olarak görüntülemek ve merminin geçiş zamanını belirlemek amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının organizasyonu beş ana başlık altında gerçekleştirilmiştir.

Birinci bölümde, dijital elektronik hedef sisteminin tanımından sınıflandırılmasından ve çalışmada kullanılan sistemin tarihçesinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, tez konusu ile ilgili yapılan çalışmaların literatür araştırmaları sunulmuştur.

Üçüncü bölümde elektronik hedef sisteminde kullanılan malzemelerle ilgili temel kavramlara, elektronik hedef sisteminde kullanılacak elektronik devre tasarımına, filtre modelinin tasarımına, matematik model algoritma ve yazılımına ve elektronik hedef sisteminin üretimine yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde gerçek hedef ile sanal hedef üzerinde elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve sanal hedefin puanlama doğruluğunun incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Beşinci bölümde ise, elektronik hedef sisteminin üretimiyle ilgili sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

En büyük teknolojik gelişmeler genellikle savaş zamanlarıyla bağlantılıdır. Silahların evrimi buna iyi bir örnektir. XVIII. yüzyılda barutun keşfi, ilk ateşli silahların üretilmesine öncülük etti. Günümüze kadar ateşli silahlarda birçok yenilikler ve iyileştirmeler yapıldı. Bu yenilik ve iyileştirmeler silahları daha hafif daha güvenilir ve kullanışlı hale getirdi (Kelly 2004).

Günümüzde asker, polis ve sivillere verilen atış eğitim kurslarının neredeyse tamamı ideal koşullar altında kâğıt bir hedef kullanmaktadır. Pratik polis kursu ve özel polis kursları gerçekte sadece tanıdık hedefler değil bir silüet kullanan kursları hedef almaktadır. Bu kurslar bir bireyi ateşli silahın pratik savunma amaçlı kullanımı konusunda yeterince eğitemez (Faith 1984).

Savaş eğitiminin ve silah pratiğinin temel parametreleri, doğruluk ve hassasiyetin belirlenmesidir. Hedefin konumunu ve puanlamasını elde etmek için kullanılan otomatik sistemler çok pahalı olduklarından erişimi zordur. Modern otomatik sistemler, mermi yörüngesinin bir veya daha fazla düzlemde doğru mekânsal konumlandırılması için hedef kâğıdı olmayan hedef sistemi olarak tasarlanmıştır. Ayrıca ateşli silahlar sadece savaş amacıyla kullanılmaz aynı zamanda eğitim, kişisel güvenlik, eğlence, avcılık ve spor amacıyla da kullanılır. Elektronik hedef sistemleri hem sporda hem de eğitimde hedefi görüntülemek için birçok farklı durumu gerçekçi bir şekilde hedefi simüle etme esnekliği sağlayan sistemlerdir (Faith 1984).

Uluslararası Atıcılık Sporları Federasyonu (ISSF - International Shooting Sport Federation) 1907 yılında havalı tabanca spor etkinliklerine rehberlik etmek, teknik kuralları belirlemek ve bu sporun gelişimini desteklemek için dünya çapında sporun yürütülmesinde tekdüze olmayı amaçlayan bir federasyon olarak kuruldu (International Shooting Sport Federation 2013).

Günümüzde, mevcut teknolojik gelişim ile birçok eğitim yerinde otomatik sınıflandırma sistemleri bulunmaktadır. Bir takım mevcut sistemler olmakla birlikte bu sistemler kulüp düzeyinde kullanmak için çok pahalıdır.

Genel olarak spor alanında hedef görüntüleme için bir elektronik cihaz gereklidir. Atış eğitimi ve etkinliklerinde kullanılabilecek elektronik hedef sistemleri arasında çift elektrotlu kısa devre örnekleme sistemleri, yarıiletken elektronik hedef sistemleri, görüntü işleme tabanlı hedef sistemleri, ultrasonik konumlandırma elektronik hedef sistemleri ve lazer elektronik hedef sistemleri bulunur (Zhao and Yan 2017).

Sporu halk için daha çekici hale getirmek ve gerçek zamanlı olarak herkesin puanlarının bilinmesini sağlamak için son zamanlarda elektronik hedefleme sistemleri ortaya çıkmıştır. Bu sistemler, havalı tabanca spor etkinliklerinin daha görkemli olmasını sağlamak için önemlidir. Böylece izleyici kitlesi artmaktadır. En iyi bilinen otomatik sınıflandırma sistemleri aşağıda verilmiştir (Moreira 2017).

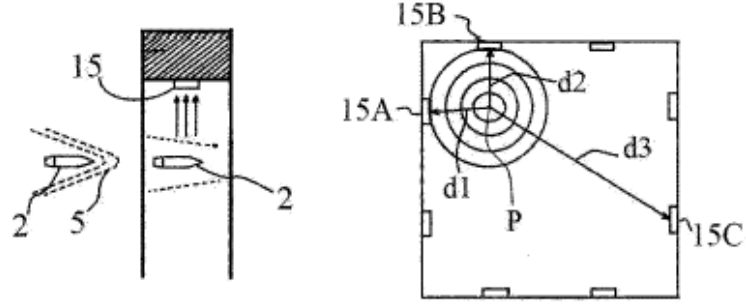
2.1. Elektronik Hedef Sistemlerinin Sınıflandırılması

2.1.1. Ultrasonik konumlandırma elektronik hedef sistemleri

Hedeften geçen merminin sesine dayanarak etki merkezini tespit eden sistemler olarak adlandırılır. Ayrıca en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. Bu sistemler her zaman gerçek zamanlıdır. Yani atıştan kısa bir süre sonra puan verirler. Bu prensibe dayalı hedefleme sistemleri pazarlayan bazı firmalar bulunmaktadır (Moreira 2017).

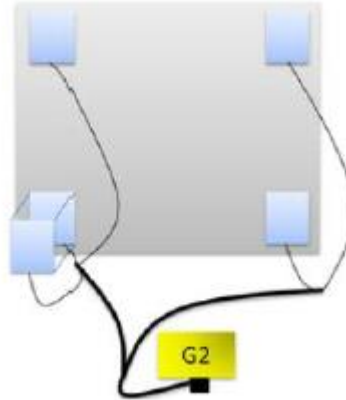
2009 yılında kurulmuş olan HEX Systems, elektronik bir hedefi (HEXTA-002) pazarlayan bir firmadır. Bu elektronik hedef uzun mesafe testi için kullanılır. Puanlama ses üçgenleme ile yapılır. Böylece sistem bir ses kamerasında 8 akustik sensör kullanır. Bu ses odası, dış parazitlerden kaynaklanan hataları azaltmak için ön kısımda bir kauçuk film ile kaplıdır. Bu odanın yanlarında akustik sensörler bulunur. Mermi geçişinden kaynaklanan ses dalgaları, skoru hesaplamak için akustik ve üçgenleştirilmiş sensörler tarafından yakalanır (HEXTA 2015).

HEX Systems firmasına ait sistem Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Bu sistemde 16 mm ile 440 mm arasında mesafe hataları vardır.



Şekil 2.1. HEX Systems firması tarafından geliştirilen sistem (HEXTA 2015)

Silver Mountain firması, benzer bir sistem pazarlamaktadır. Ancak bu sistemde metal bir plaka üzerine monte edilmiş sadece 4 akustik sensör kullanılmaktadır. Şekil 2.2'de Silver Mountain firması tarafından geliştirilen sistemin şeması gösterilmektedir (Silver Mountain Targets V2 Software Reference Guide 2015).



Şekil 2.2. Silver Mountain firması tarafından geliştirilen sistem (Silver Mountain Targets V2 Software Reference Guide 2015)

MEGAlink firması, 1991 yılında kurulan ve ISSF onaylı çeşitli elektronik hedefler üreten bir şirkettir. MEGAlink'in 10 metrelik hedefler için önerilen modeli 4K187'dir. Bu modelde, sensörün önünü kapatmak için plastik bir membran veya kâğıt kullanılır. Analiz ve sınıflandırma, merminin zardan geçtiği yeri tespit eden akustik sensörler kullanılarak gerçekleştirilir. Şekil 2.3'de söz konusu elektronik hedefin bir görüntüsü verilmiştir (MEGAlink 2002).



Şekil 2.3. MEGALink 4k187 sistemi (MEGALink 2002)

SIUS firması, ses dalgalarının üçgenlemesini gerçekleştirmek ve böylece etkinin konumunu elde etmek için 3 veya daha fazla akustik sensör kullanan S10 sistemini geliştirmiştir. Bu sistem kısa mesafe yöntemleri için kullanımdan kaldırılmıştır. Günümüzde firma, HS10 hibrit sistemini pazarlamaktadır. Bu sistemde, hedefin merkezine yakın etkiler için sınıflandırma iki lazer kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, merkezden daha uzak etkiler için etki sınıflandırması ses dalgalarının üçgenleştirilmesiyle yapılmaktadır (SIUS - Electronic Scoring Systems–HS10 2018).

Sonuç olarak, tüm ses sınıflandırma sistemleri aynı prensiptedir. Kullanılan sensörlerin sayısı, bir ses kamerasının kullanımı veya kullanılmaması ve sistemle ilişkili çevre birimleri gibi sadece birkaç değişiklikte birlikte kullanılır. Bu çevre birimleri, derecelendirmenin sonuçlarını bir televizyonda, tablette veya internette görüntülenmesini sağlar.

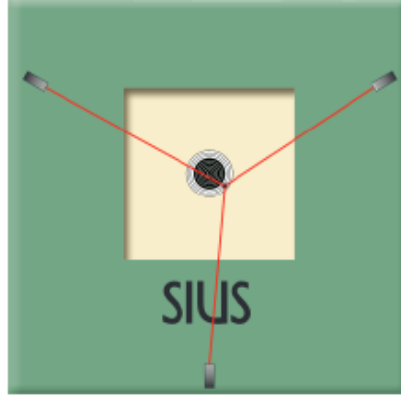
2.1.2. Lazer ölçüm tabanlı elektronik hedef sistemleri

Tüm lazer ölçüm tabanlı elektronik hedef sistemleri gerçek zamanlı olarak sınıflandırılır (Moreira 2017).

SIUS firması tarafından geliştirilen LS10 LASERSCORE'u (10 metrelik modeller için) ISSF testine sahiptir ve hassas ölçüm yapabilmektedir. Bu sistem, mermiyi algılayan

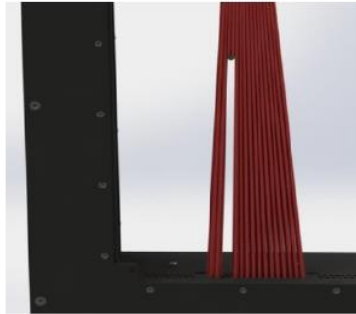
2. KAYNAK ÖZETLERİ

ve mermi ile arasındaki mesafeyi ölçen 3 kızılötesi lazer sensörü kullanır. Doğruluğu çok iyi olan bu sistem ile merminin kalibresi tespit edilebilir. Bu ölçümden sonra skoru belirlemek için nirengi yapılır. Şekil 2.4’de SIUS tarafından geliştirilen sistemin bir şematiği gösterilmektedir (SIUS - Electronic Scoring Systems-LS10 2018).

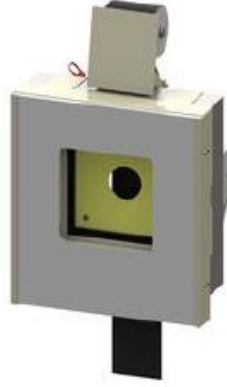


Şekil 2.4. SIUS tarafından geliştirilen lazer sistemi (SIUS - Electronic Scoring Systems-LS10 2018)

Meyton Company firması, Black Magic isimli bir modeli pazarlamaktadır. Black Magic, hedefleri sınıflandırmak için lazer kullanan bir sistemdir. Bu sistemde, hafif bir matris oluşturan lazerler ve sensörler (karşı tarafta) kullanılır. Bir mermi bu matristen geçtiğinde, merminin nereden geçtiğinin bilmesini sağlayan en az iki ışık huzmesini bozar. Şekil 2.5’de bu sistemin temel şematiği gösterilmektedir. Şekil 2.6’da ise pazarlanan ürün gösterilmektedir (MEYTON–Measuring Principle 2018).



Şekil 2.5. MEYTON tarafından üretilen sistemin şematiği (MEYTON–Measuring Principle 2018)



Şekil 2.6. Black Magic sistemi (MEYTON–Measuring Principle 2018)

2.1.3. Görüntü işleme tabanlı elektronik hedef sistemleri

Tipik olarak, görüntüye dayalı ölçüm sistemleri gerçek zamanlı hedefleri sınıflandırır. Bu sistemlerde kâğıt hedefler skoru kaydetmek için kullanılır. Ancak daha sonra bu hedefler sınıflandırılır. Intarso ve Elite Score gibi bu gerçek zamanlı ölçüm sistemlerini pazarlayan firmalar vardır (Moreira 2017).

Intarso firması, 10 metrelik hedefler için görüntü tabanlı bir sistem (ESA-SQ17) geliştirmiştir. Bu sistem, bir etki tespit ettikten sonra ilerleyen bir kaydırma kullanır. Böylece her merminin darbe deliği bir görüntü işleme sistemi kullanılarak analiz edilir. Bu sistemin çözünürlüğü 0,1 mm'dir. Şekil 2.7'de söz konusu sistem gösterilmektedir (INTARSO–ESA-SQ17 Electronic Scoring System 2016).



Şekil 2.7. ESA-SQ17 sistemi (INTARSO–ESA-SQ17 Electronic Scoring System 2016)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Elite Score firması, 10 metrelik silah ve 10 metrelik tüfek darbe derecelendirme sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, maskenin arkasında yerleştirilen plastik bir rulo kullanır. Maskenin deliğinden geçen etki plastiği delerek sınıflandırılmasına izin verecektir. Firma, sisteminin 0,1 milimetre hassasiyete sahip olduğunu belirtmektedir. Ancak, bu sistem henüz üç olası aşamadan birinde ISSF tarafından onaylanmamıştır. Şekil 2.8'de söz konusu sistem gösterilmektedir (Elite Scorer 2013).



Şekil 2.8. Elite puan sistemi (Elite Scorer 2013)

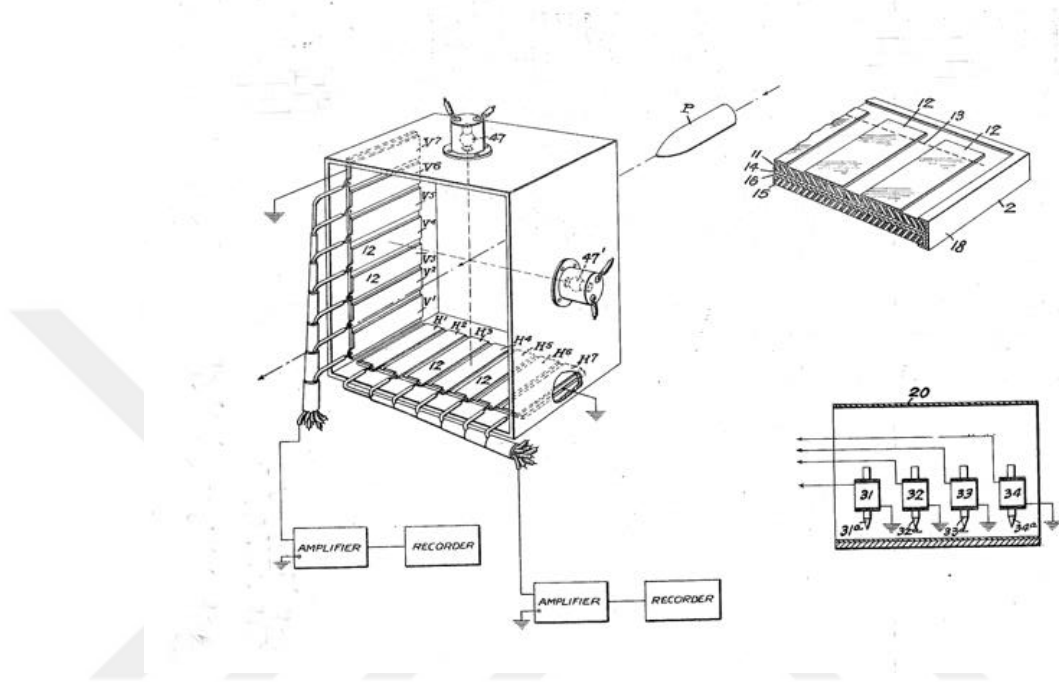
Orion, sınıflandırma yazılımı geliştiren bir firmadır. Hedefler daha önce bir tarayıcıda taranarak daha sonra program tarafından analiz edilir. Uygulamayla ilişkili maksimum hata, tüfek için 10 metrede 0.125 mm ve tabanca için 10 metrede 0.4 mm'dir (ORION–Frequently Asked Questions 2019).

2.2. Tarihçe

Dunham (1944), ışığa duyarlı araçlar içeren kendinden işaretleme hedef sistemi geliştirmiştir. Böylece mühimmatın doğruluğunu belirlemek ve karanlıkta bir merminin koordinatlarını belirlemek mümkün olmuştur. Optik yöntem, yatay bir düzlemi aydınlatmak için uyarlanmış 41 adet ışık kaynağından ve dikey bir düzlemi aydınlatmak için uyarlanmış 41 adet ışık kaynağından oluşmaktadır (Şekil 2.9). Her bir ışık kaynağı (41, 41) mermi yörüngesine paralel uzanan ışığa duyarlı yüzeylere sahip bir dizi şeridi aydınlatır. Bu dizi şeritlerinin genişliği, hedefin namludan uzaklığına ve mermi çapına göre boyutlandırılmıştır. Şeritlerin uzunluğu tercihen mermi uzunluğuna eşit olmalıdır. Her şerit dizisi, mermi grubunun beklenen dağılımına bağlı olarak bir grup ışık

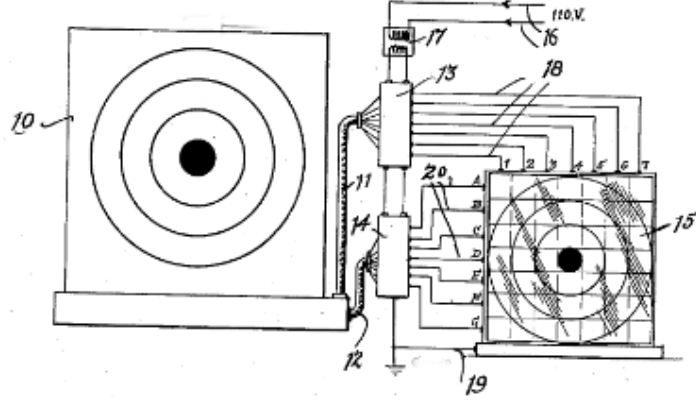
2. KAYNAK ÖZETLERİ

kaynağıyla (41, 41) sıralanmıştır. Işığa duyarlı her şeride karşılık gelen bir amplifikatör devresi vasıtasıyla kullanışlı bir kayıt cihazına bağlanır. Amplifikatör çıkış devresine bir piston tipi solenoid yerleştirilebilir. Piston, bir kayıt bandıyla ilişkilendirilebilir. Böylece amplifikatör çıkış devresindeki akım değıştikçe bant üzerinde işaretleme yapılır.



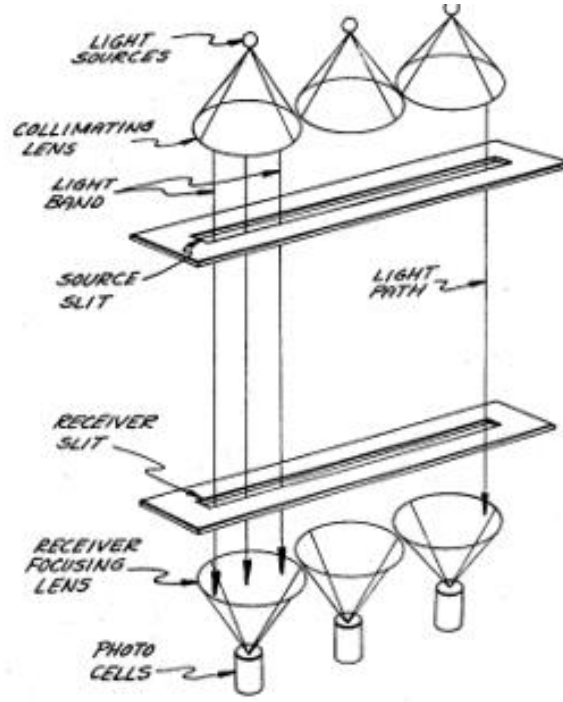
Şekil 2.9. Optik yöntem (Dunham 1944)

Klose (1956), bir yalıtım desteği üzerine aralıklı paralel olarak düzenlenmiş bir dizi ince malzeme veya folyo iletken şerit kullanan bir elektro duyarlı hedef geliştirmiştir. Darbe ile çalıştırılan elektrik devrelerine sahiptir. Hedef üzerinde mermi delinmesinin hedeften uzak bir noktada gösterilebildiği elektrikle kontrol edilebilen bir hedef sistemidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Klose'nin elektronik hedef sisteminin gösterimi (Klose 1956)

Yetter and Conner (1967)'in buluşu, bir merminin kesişen bir dizi optik düzlemden geçmesi ile zaman sinyalleri üreten bir yöntem ve elektro-optik bir sistemdir. Dört ışıklı düzlemin dört paneli ışık düzleminin tümünden bir merminin geçmesiyle kırılacak şekilde iki panel dikey, iki panel yatay olarak düzenlenmiştir (Şekil 2.11). Birbirini izleyen ışık düzlemleri arasından geçen görüntüyü izlemek için üç zaman aralığı olan ölçüm cihazı kullanılır. Bu bilgiler kaydedilir ve merminin yerini (XY koordinatı) hesaplamak için kullanılır. Işık kaynakları akkor lambalar, lazerler ve kızılötesi gibi diğer elektromanyetik radyasyon kaynaklarıdır. Kronograf düzeninde birden fazla ışık düzlemi ve sonuçlarını otomatik olarak hesaplamak için bir bilgisayar kullanılır. Sistem bilgisayar için bir yazıcı içerir. Çarpma merkezinden birkaç atışın ortalama yarıçapı, çarpma merkezinden maksimum sapma vb. gibi sonuçları otomatik olarak hesaplamak ve her bir konuma karşılık gelen merminin hızı ile korelasyonunu sağlamak için programlanmıştır. Görüntü paneli, aşağı doğru yerleştirilmiş ışık huzmesi matrisinin ölçekli bir kopyasıdır.



Şekil 2.11. Optik sistemin genel düzlem diyagramı (Yetter and Conner 1967)

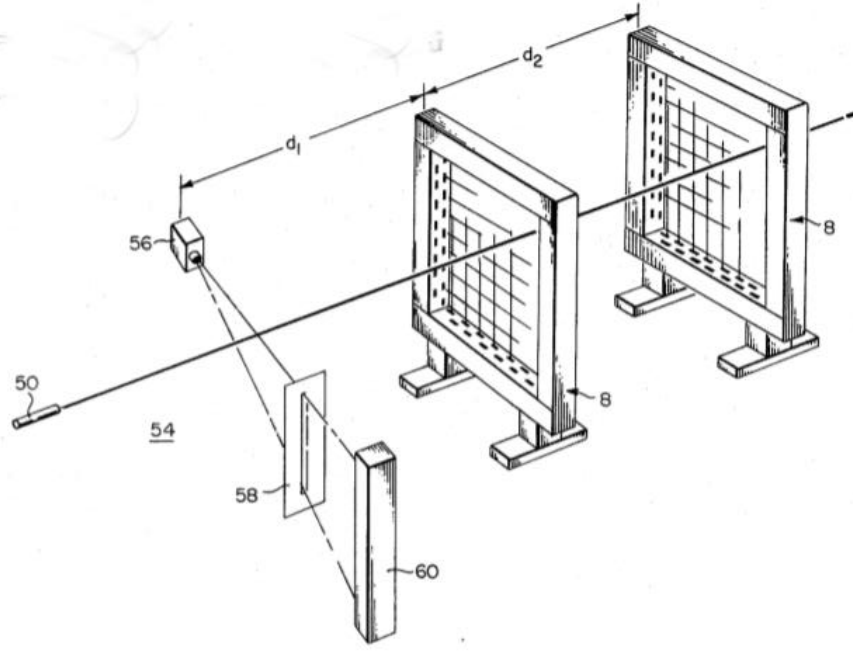
Thalmann (1970), hedefin hangi bölgesinin vurulduğunu göstermek üzere uyarlanmış devrelere sahip çok sayıda bölgeye bölünmüş kısa devre tipi bir elektronik hedef sistemi geliştirmiştir. Buluşun amacı, kullanılan merminin uzunluğundan daha az bir mesafe ile ayrılan en az iki elektriksel iletken tabakaya sahip atış pratiği yapmak içindir. Böylece bir isabetin puanlanıp puanlanmayacağı otomatik olarak belirlenebilir. Sistem iki tabakaya bağlı uygun bir elektrik devresi olup, elektrik devresi aynı anda iki tabaka ile temas ettiğinde mermi tarafından tamamlanır. Ayrıca birbirini ardına ve bitişik tabakaların arkasında mermi uzunluğundan daha az ayrılan üç elektriksel iletken tabakaya sahip bir hedeftir. İsbet edilen puanın konumu ve değeri otomatik olarak belirlenir ve gösterilir.

Stoller (1971)'in buluşunda, hedeften geçen bir merminin ultraviyole ışığı hedef boyunca yönlendirerek puanlama yapabilen bir sistemi geliştirmiştir. Sistemdeki fotoelektrik sensörler, ışıktan geçen ve hedefe çarpan projektörlerden yansıyan ultraviyole ışığı saptamak üzere düzenlenmiştir. Işık, her sensörle ilişkili kodlanmış maskelerden geçer. Ultraviyole ışık iki taraftan hedefin hemen önündeki bir alana yansıtılır. Fotoelektrik sensörler, ışık ışınlarından geçen ve hedefe vuran mermilerden yansıyan UV ışığını algılayacak şekilde düzenlenmiştir. Her fotoelektrik sensörün

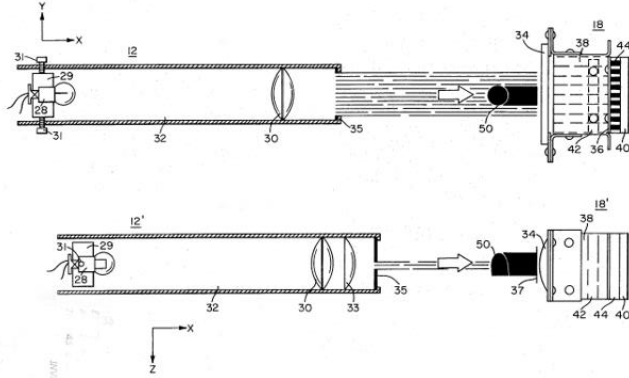
2. KAYNAK ÖZETLERİ

maskeleri vardır. Böylece geçen bir merminin konumunun açısal yerini algılayabilir. Nirengi kullanarak, dedektör sistemi sayılan elektrik atımlarını verir. Farklı sayıda darbe, farklı hedef vuruş konumlarına karşılık gelir. Darbe sayaçları, isabetleri hedefe kaydeder ve belirli bir isabetin değerini göstermek için bir kod çözme devresine bağlanır. Bu işlem tekrarlanarak kayıt cihazından merminin konumu ve puanlaması elde edilir.

Crittenden vd. (1973), bir merminin konumunu ve çapını bir referans çerçevesinde ölçmek, hedef alanı boyunca toplanan ışık huzmelerini görüntülemek için ışık kaynaklarının dikey ve yatay kümelerine karşılık gelen dikey ve yatay ışık reseptörünü içeren bir hedef sistemini tasarlamıştır. Hedef, çerçeveden geçen bir merminin yerini ve çapını belirtir. Çok sayıda ışık reseptörüne her ışık kaynağından ışık çarpar. Her ışık reseptörüne karşılık gelen bir kolektif ışık demetinin önceden belirlenmiş bir bölümü gelir. Bir ışık huzmesi bir mermi tarafından kesintiye uğradığında, ışık reseptörleri bir merminin yerini ve çapını gösterir. Işık reseptörlerinden gelen çıkış sinyalleri, önceden belirlenmiş bir kodlama modeline göre ışık reseptörlerinin sayısından daha az sayıda amplifikatöre bağlanarak sayısal olarak kodlanmış sinyallere dönüştürülür. Bir lens, yarık ve bölme sistemi, birleştirilmiş ışık ışınlarının matris desenini üretmek ve bunları bir XY koordinat ızgarası oluşturmak için karşılık gelen ışık sensörlerine odaklamak için kullanılır (Şekil 2.12 ve 2.13). Bu sistemde akkor lambalar veya lazerler kullanılır. Kronograf düzeninde iki ışık paneli bulunur. Işık paneli, amplifikatörlere bağlı fotosellerden sinyaller verir. Sinyaller, dijital bir bilgisayar veya benzer özelliklere sahip başka bir cihaz tarafından önceden belirlenmiş bir kodlama modeline göre işlenir. Bu işlem tekrarlanarak bilgisayar veya cihaz tarafından merminin konumu ve çapı elde edilir.

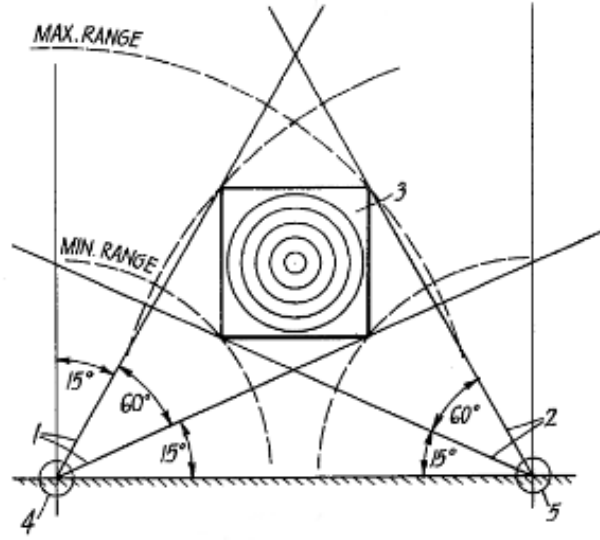


Şekil 2.12. Elektronik hedef sisteminin gösterimi (Crittenden et al 1973)



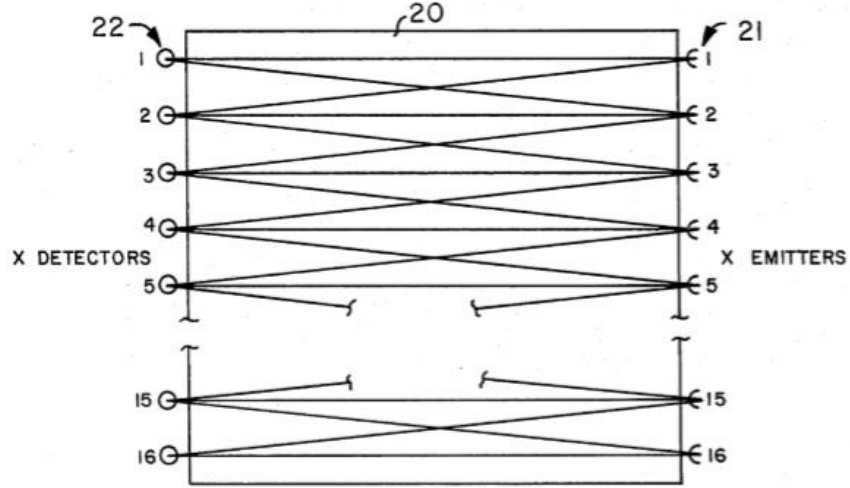
Şekil 2.13. Işığın odaklanmasının gösterimi (Crittenden et al 1973).

Finch (1974)'in buluşu, bir merminin uzaydaki bir alandan geçtiği pozisyonu belirleyen yöntemi açıklar. Uzayda alanın tamamını taramak için iki ışık huzmesi yansıtılır ve bu ışınların alandan geçen bir mermiden yansımalarını detektör araçları tespit eder. Merminin uzayda bu alandan geçtiği pozisyonu tam olarak belirlemek için aralıklı referans noktalarında yerleşik referans hatlarına göre yansıyan kırılgıların açısız ilişkisini belirler (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Finch'in sisteminin gösterimi (Finch 1974)

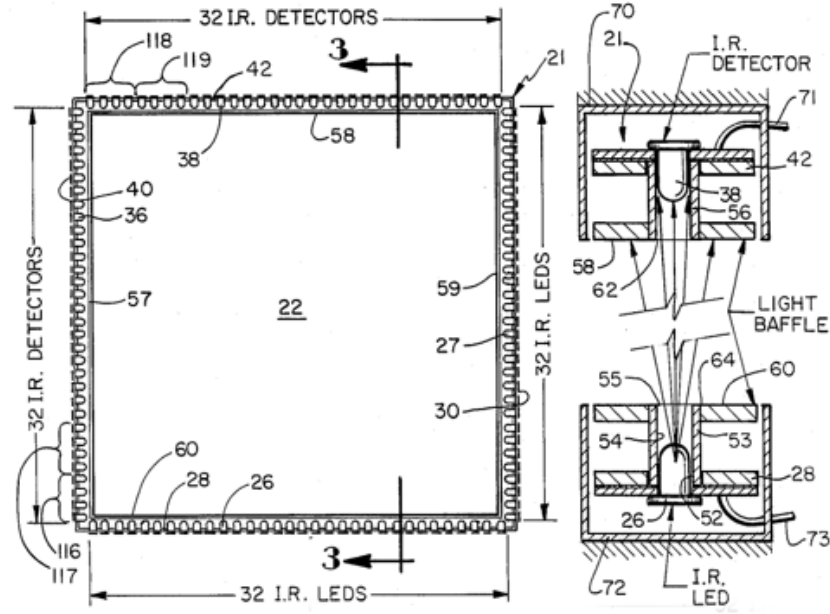
Funk and Fowler (1982), bir hedef yüzeyinin taranması için ışık kaynaklarının ve detektörlerin dikey koordinat dizilerine sahip çapraz ışık huzmesi ile konum belirleyen bir sistem geliştirmişlerdir (Şekil 2.15). Bu sistem geliştirilmiş bir başlatma kontrolüne sahiptir. Sıralı olarak taranmış çapraz ışık huzmesi konum göstergeleri, kesintiye uğramış ışık huzmelerinin adresini tespit eder ve iletir. Bu göstergelerde, X ve Y koordinat dizilerinde yayıcılar ve yayıcılar ile eşleşmiş detektörler kullanılmıştır. Böylece tek bir yayıcının etkinleştirildiği süre boyunca yalnızca tek bir karşılık gelen dedektör etkinleştirilir. Tarama, nesne yerleştirilmeden önce bir nesnenin bir kısmının bir görüntüleme yüzeyine yakın yerleştirildiği konumdan geçmiş olabilir. Işık huzmesinin ilk kesilmesiyle ilişkili adres bilgileri sistemde kullanılmak üzere iletmez, sadece sonraki taramadan alınan adres bilgileri iletilir.



Şekil 2.15. Funk and Fowler'in konum belirleme sistemi (Funk and Fowler 1982)

Faith (1984), bir kontrol modülü ve buna bağlı çok sayıda zamanlayıcı modülü ile hedefleri puanlamak için bir sistem oluşturmuştur. Kontrol modülü, başlatma ve durdurma sinyalleri üretir. Zamanlayıcı modülleri bir veya daha fazla hedefe isabet sayısını ve ayarlanabilir isabet sayısı için gereken süreyi sayar. Her vuruş bir elektro optik sensör tarafından tespit edilir. Başlatma sinyali bir ses veya anahtar işlemi ile üretilebilir. Bu buluş askeri, polis ve siviller tarafından kullanılmakta olan eğitimin daha üst seviyede olmasına katkı sağlar.

Goodwin and Melsheimer (1988), hedefe göre mermi konumunu belirlemek, konuma göre bir puan hesaplamak ve merminin hedefe ve skora göre konumunu gösteren bir hedef kopyasını görüntülemek için otomatik bir elektronik hedef sistemi geliştirmişlerdir. Hedef, alandan geçiş sırasında bir merminin yerini gösteren çıkış sinyalleri üreten bir cihazdır. Işık verici cihazlar ile ışık alıcı cihazlar arasında çapraz uzanan XY tipi koordinat ışık huzmelerine sahip bir hedef alanı tanımlanır. Çıkış sinyalleri, bir bilgisayar tarafından merminin hedefe göre yerini belirlemek ve atış yerine göre puanlamak için kullanılır. Bu buluş, bir otomatik hedef puanlama ve gösterim sistemidir.



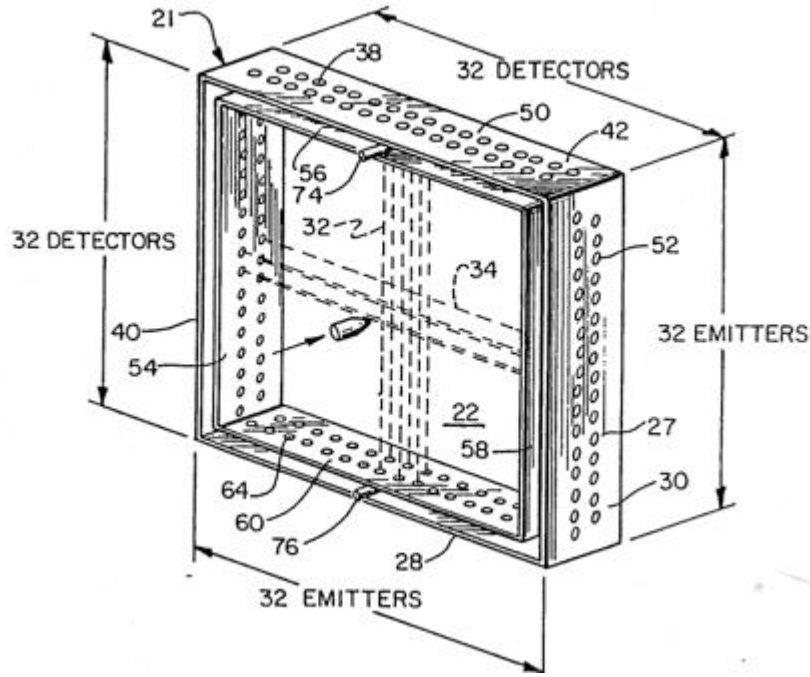
Şekil 2.16. Otomatik hedef puanlama ve gösterim sistemi (Goodwin and Melsheimer 1988)

Baughman (1988) tarafından geliştirilen sistem, kullanıcıya bir mermi tarafından vurulmuş olan hedef bölgesini bir ekran üzerinde gösteren bir elektrikli gösterge sistemidir. Hedef, yüzünde oluşturulan ve çok sayıda elektrik yalıtımlı sektöre bölünmüş elektriksel direnç elemanlarının düzlemsel bir yüzeyini içerir. Bir sektörün yüzeyine nispeten küçük bir mermi nüfuz ettiğinde, sektörün direnci bir miktar artar. Buluş, bir sektörün direncini kaydeden ve sektöre çarpan bir merminin sektöründeki direnç değişikliklerini tespit eden harici devreler içerir. Bir sektöre mermi isabet ettikten sonra ilişkili devre önce sinyal verir ve ardından sektörün yeni direncini kaydeder. Bu buluş, genellikle eğlence amaçlı ve polis memurlarının ve nişancıların eğitiminde kullanılır. Kullanıcıya atışının başarısını gösteren anında geri bildirim sağlayan bir elektronik cihazdır.

Goodwin and Melsheimer (1990), hedef alanı üzerinde çok sayıda yakın aralıklı ışık yolunun kesintiye uğramasıyla elektronik olarak çalıştırılabilen, oldukça hassas, güvenilir ve nispeten düşük maliyetli bir hedef sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, her bir atışın hedefdeki konumunu puanlayabilmekte ve kümülatif olarak skorlayabilmektedir (Şekil 2.17). Genel olarak buluş, bir hedef alanının iki tarafındaki XY eksenleri üzerinde

2. KAYNAK ÖZETLERİ

konumlandırılmış yakın aralıklı ışık huzmelerini oluşturmak için bir dizi ışık yayma aracı ve karşı tarafa yerleştirilmiş bir dizi aralıklı ışık alıcılar ile sinyal üretir. Hedefe göre mermi konumunu belirlemek, konuma göre bir puan hesaplamak ve skora göre merminin konumunu gösteren bir elektronik hedef sistemidir. Çıkış sinyalleri, bir bilgisayar cihazı tarafından merminin hedefe göre yerini belirlemek ve attığı yere göre puanlamak için kullanılır.

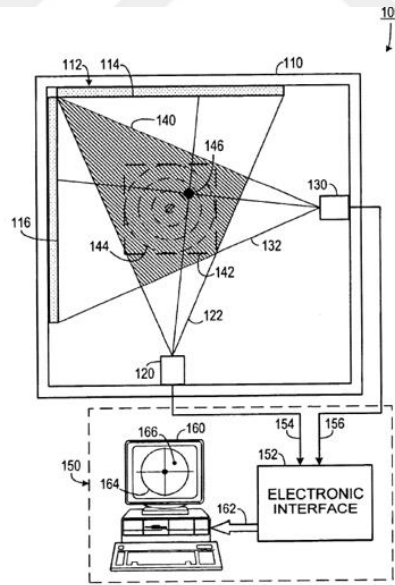


Şekil 2.17. Elektronik hedef sistemi (Goodwin and Melsheimer 1990)

Poirier (1991) tarafından önerilen sistem, hedef oda konumuna sahip atış menzili bölmesindeki bir kamera, hedefin görüntüsünü bir görüntüleme cihazının ekranına ileten bir sistemdir. Görüntüleme cihazına iletilen görüntüyü kaydetmek için bir teyp kaydediciye, hedef kâğıdının basılı bir kopyasını yazdırmak için bir yazıcıya, veri girişi için bir klavyeye sahiptir. Bu sistem, atışın hedefteki isabet verilerinin kontrol edilmesi ve kaydedilmesi ile ilgilidir. Buluş kullanıcıya, bir hedef üzerinde üretilen bireysel atış modellerini görsel olarak görüntüleme, ölçme ve saklama kabiliyeti sağlar. Verilerin kaset üzerinde depolanması ve/veya verilerin bir bilgisayara girilmesi, zamandan ve dosyadan tasarruf etmenin yanı sıra gerekli durumlarda da verilere ulaşılabilir (Şekil 2.18).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Fikes vd. (2004) tarafından geliştirilen sistem, hedef puanlama için bir cihaz, geri yansıtıcı eleman, birinci ışık kaynağı, ikinci ışık kaynağı, ilk ışık sensörü, ikinci ışık sensörü ve bir işlemci içerir. Birinci ışık kaynağı birinci konuma ve geri yansıtıcı elemandan uzağa yerleştirilir. Birinci ışık kaynağı, ilk ışık demetini retro-yansıtıcı elemana yönlendirebilecek şekilde konumlandırılmıştır. İkinci ışık kaynağı, hem retro-yansıtıcı elemandan hem de birinci ışık kaynağından ayrılan ikinci bir konuma yerleştirilir. İkinci ışık kaynağı, ikinci bir ışık huzmesini retro-yansıtıcı elemana doğru yönlendirecek şekilde konumlandırılır. Böylece ikinci ışık huzmesi, bir hedef alan tanımlamak için bir alanın üzerindeki ilk ışık huzmesini keser. Birinci ışık sensörü, birinci ışık kaynağına bitişik olarak yerleştirilir ve ilk ışık kaynağından ışık alabilecek şekilde konumlandırılmak suretiyle ilk aydınlatma blokunun birinci konumunu gösteren ilk sinyali üretir. İkinci ışık sensörü, ikinci ışık kaynağına bitişik olarak yerleştirilir ve ikinci ışık kaynağından ışık alabilecek şekilde konumlandırılarak ikinci aydınlatma blokunun ikinci pozisyonunu gösteren ikinci bir sinyal üretir. İşlemci birinci sinyale ve ikinci sinyale yanıt verir. Birinci gölgenin ilk konumuna ve ikinci gölgenin ikinci konumuna bağlı olarak, nesnenin hedef alandaki yerini belirlemek üzere programlanır (Şekil 2.20).

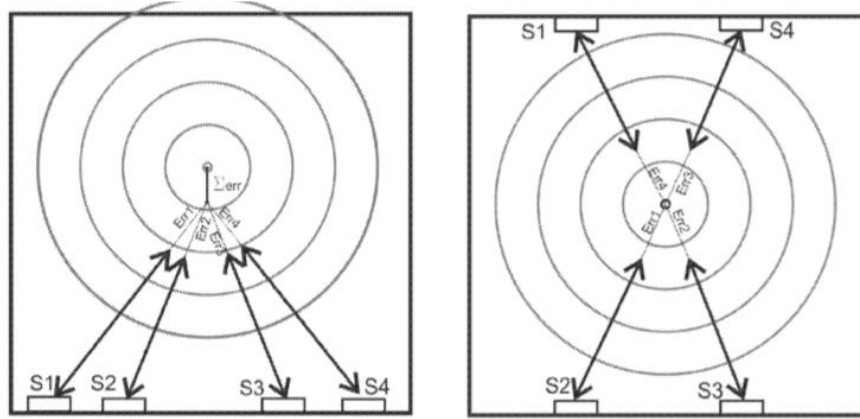


Şekil 2.20. Fikes'in elektronik hedef sistemi (Fikes et al 2004)

Kazakov and Gerasimov (2014) tarafından geliştirilen sistemde çok sayıda sensör fiziksel olarak hedefe yerleştirilir (Şekil 2.21). Fiziksel olarak hedeflerden uzak bir mesafede bulunan bir bilgisayar, merminin ön yüzündeki bir darbe pozisyonunu

2. KAYNAK ÖZETLERİ

belirmek için yakalanan verileri işlemek üzere programlanmıştır. Her hedef işlemcinin yakalanan verileri bilgisayara iletmesi için işlemci ve bilgisayar arasında bir kablosuz iletişim bağlantısı vardır. Bu durumda veriler, internet ile daha uzak mesafelerde bulunan üçüncü kişilere aktarılabilir. Böylece, hedeflerin arasına kablo döşenmesi gerekmediğinden sistemin kurulumu bilinen sistemlere göre önemli ölçüde basitleştirilmiştir.



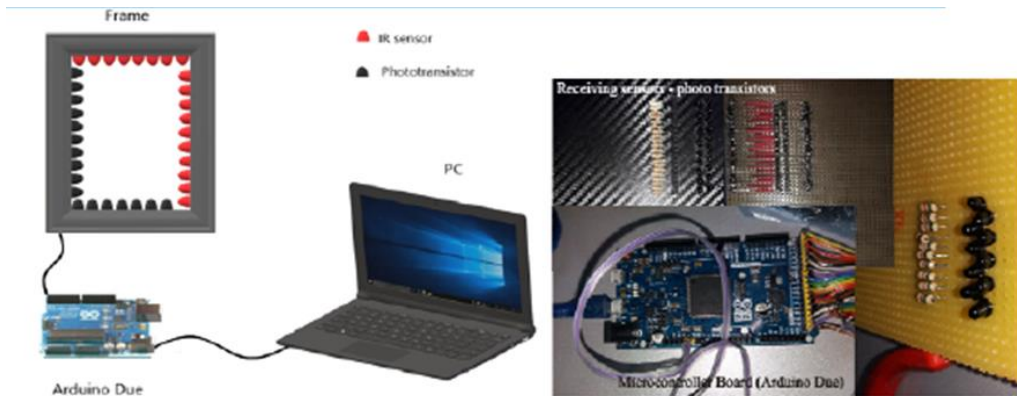
Şekil 2.21. Kazakov and Gerasimov'un elektronik hedef sistemi (Kazakov and Gerasimov 2014)

Ivarsson (2016)'un yaptığı çalışmada, bir Raspberry Pi bilgisayarı ve ses dedektörleri gibi basit ve ucuz bileşenlerden oluşan bir elektronik hedef sistemi oluşturulmuştur. İlk hedef kabul edilebilir bir hassasiyetle kullanılacak bir sistem oluşturmaktır. İkinci hedef, bu bileşenler kullanılarak elde edilebilecek hassasiyetin belirlenmesi için bir performans analizi yapmaktır. Proje üç modülden oluşmuştur: Arka uç, bulut ve ön uç. Arka uç, hedef üzerindeki bir merminin bilgilerini toplamak, koordinatları hesaplamak ve buluta göndermek için kullanılır. Bulut, ön uç ile arka uç arasındaki arabirim olarak işlev görür. Son olarak ön uç, merminin hedefe ulaştığı puanı ve pozisyonu göstermek için kullanılır. Tüm bileşenleri ve uygulamaları geliştirdikten sonra, Raspberry Pi ve ses dedektörlerinin kombinasyonu ile sistemin elektronik bir puanlama sistemi olarak çalışması sağlanmıştır.

Moreira (2017), ISSF standartlarına uygun olarak, uluslararası spor atıcılık şampiyonalarında kullanılan hedefleri tespit edebilen ve sınıflandırabilen bir bilgisayarlı görüş sistemi oluşturmuştur. Sistemde, donanım olarak bir web kamerası, bir dizüstü

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zivkovic vd. (2019) tarafından sunulan bir çalışmada, optoelektronik IR (kıızıl ötesi) sensörler üzerinde geliştirilen yüksek çözünürlüklü hedef toplama sisteminin tasarımı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.23). Mikrobilgisayar platformu ile birleştirilmiş çoklu IR sensörler ile oluşturulan çerçeve optik çerçevedir. Hedef sisteminin tamamı, dikey ve yatay yönde konumlandırma için iki çerçeveden oluşur. Hedef sistemi için geliştirilen algoritma ile küçük silahlardan yapılan atışların doğruluk ve kesinlikleri hassas olarak ölçülebilmektedir. Geleneksel atış tespit sistemlerinde, test malzemesi hedefi yeterli boyutlarda özel tipte kâğıttan yapılır ve sonuçlar hedefteki mermilerin isabetidir. Test hedefinin test silahından uzaklığı kalibreye, namlu çıkış hızına, silah tipine ve gerekli test koşullarına bağlıdır. Tek vuruşun tespiti, dikey ve yatay olmak üzere iki zıt yönde monte edilen belirli sensörlerin çerçeveye kaydedilmesiyle başlar. Her vuruş, belirli sensörlerden veri olarak kaydedilir. Araştırmada, kesinlik parametreleri spesifik vuruş ile ortalama vuruş arasındaki ilişkiden değerlendirilmektedir ve ortalama isabet, isabet şeklinin belirli bir noktasıdır ve gerçek isabeti temsil etmez. Ortalama isabetin belirlenmesi grafiksel veya sayısal olarak yapılabilir ve isabet sayısına bağlıdır. Her isabetin bilgisine sahip olduğundan, sayısal veriler olarak ortalama isabetin belirlenmesi sağlanır. Ortalama isabet, gruptaki isabetlerin koordinatının ortalama değerlerinin dikey ve yatay eksenlerinin çapraz noktası olarak belirlenen noktadır. Ortalama isabetin dikey koordinatı, dikey isabet-yükseklik olarak ölçülen tüm isabetlerin ortalama değeridir. Ortalama isabetin yatay koordinatı, tüm isabetlerin yatay yönü genişliği olarak ölçülen ortalama değeridir. Tespit edilen her isabet, ortalama isabetten türetilen belirli bir değere sahiptir.



Şekil 2.23. Zivkovic'in elektronik hedef sistemi (Zivkovic et al. 2019)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Dijital hedef sistemleri hem sporda hem de eğitimde gerçekçi bir şekilde hedefi simüle etme esnekliği sağlayan benzersiz bir sistemdir. Bu sistemde optoelektronik kızılötesi sensörler hedef kısmına yerleştirilmek suretiyle yüksek çözünürlüklü elektronik hedef sistemi tasarımı gerçekleştirilmiş olmaktadır. Sistem, mikro denetleyici ile birleştirilmiş çoklu kızılötesi sensörler ile optik çerçeve oluşturur. Bu optik çerçeve verici olarak kullanılan kızılötesi LED'ler ve alıcı olarak kullanılan fotodiyotlar ile dikey ve yatay yönde konumlandırma için iki ayrı bölümden oluşur. Optik çerçeve içerisinden geçen mermi konumunun x-y koordinatları, tasarlanan basit bir algoritma yazılımı ile mikro denetleyicide programlanır. Elde edilen koordinat verileri mikro denetleyicide USB port yardımıyla bilgisayara aktarılır. Visual Studio programında C# dilinde tasarlanan algoritma ise atışı yapılan merminin, zaman bilgilerini, konum bilgilerini ve puanlama bilgilerini belirlemek için kullanılır. Sunulan hedef sistemi geliştirmeye açıktır ve farklı silah sistemi için kullanılabilir.

3.1. Temel Kavramlar

Bu bölümde tezimizde tasarladığımız ve ürettiğimiz dijital hedef sisteminde kullanılan LED, kızılötesi LED, pin fotodiyot vb. gibi fotonik aygıtlar hakkında bilgi sunulmuştur.

3.1.1. LED (Light Emitting Diode-Işık Yayan Diyot)

LED (ışık yayan diyot), enjekte edilen azınlık taşıyıcılar sayesinde geniş bir ışınımsal (radiative) rekombinasyon oranına sahip olan ileri yönde kutuplanmış bir P-N eklemidir (Oldham and Milnes 1964). Bu P-N eklemi ileri yönde kutuplandığı zaman N bölgesindeki serbest elektronlar P bölgesine, P bölgesindeki boşluklar ise N bölgesine difüzyon ile geçiş yaparlar ve eklem bölgesinde rekombine olmak suretiyle spontane emisyon ile foton yayarlar. Düşük besleme gerilimi (~ 1.5 V) ve düşük akım (~ 10 mA) değerlerinde çalışabilirler (Streetman and Banerjee 2000). Yaklaşık 10 ns içinde açılıp

kaplanabilirlik özelliği nedeniyle çok kısa mesafelerde optik veri iletiminde de uygulama alanına sahiptirler.

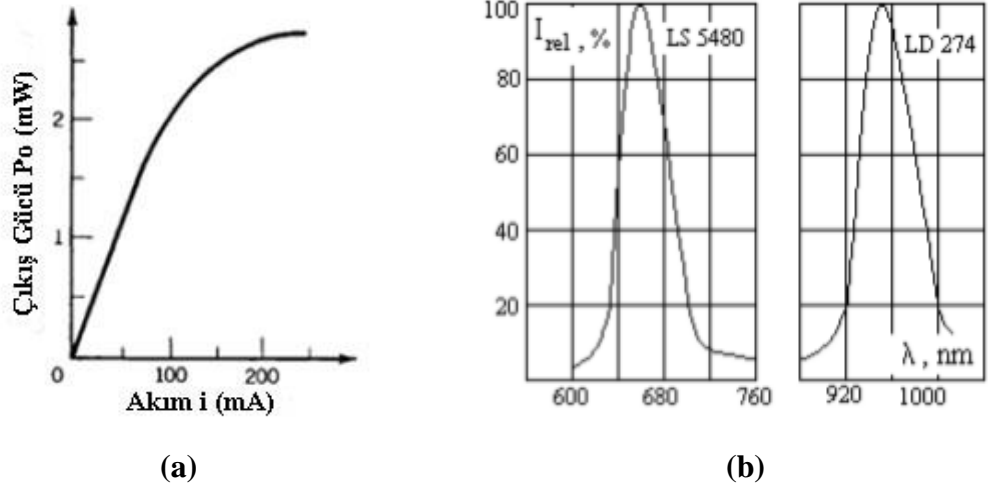
LED'lerin çeşitleri ve karakteristikleri

LED'ler yaydıkları ışının dalga boyuna göre; morötesi (ultraviyole) LED (UV-LED), görünür ışık yayan LED ve kızılötesi LED olmak üzere üçe ayrılır. Morötesi LED'lerin dalga boyu 200 nm ile 400 nm arasında, görünür ışık veren LED'lerin dalga boyu 400 nm ile 700 nm arasında ve kızılötesi LED'lerin dalga boyu 800 nm ile 4000 nm arasında değişmektedir. Çizelge 3.1'de farklı dalgalınlara sahip olan LED'ler gösterilmiştir (Eldar 2017a).

Çizelge 3.1. Spektrum karakteristiklerinin parametreleri (Eldar 2017a)

Dalgaboyu (nm)	Renk	Yarı iletken malzeme
940	Kızıl ötesi	GaAlAs/GaAs
880	Kızıl ötesi	GaAlAs
700	Parlak kırmızı	GaP
660	Ultra kırmızı	GaAlAs/GaAs
655	Kırmızı	GaAsP/GaAs
635	Kırmızı	GaAsP/GaP
610	Turuncu	GaAsP/GaP
585	Sarı	GaAsP/GaP
568	Yeşil	GaP
470	Mavi	InGaN/SiC
430	Ultra Mavi	GaN/SiC
410	Mor	InGaN
385	UV	GaN

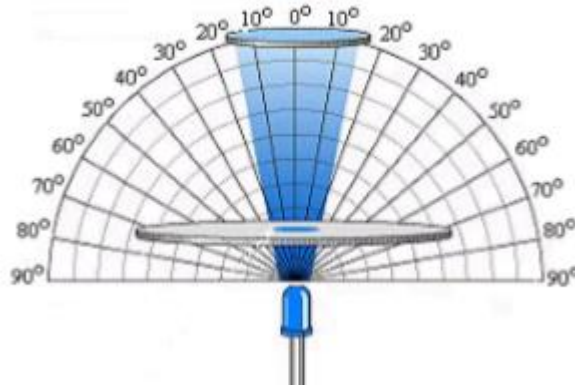
LED'in çıkış gücü-akım ve spektrum karakteristikleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. LED'in **a)** Çıkış gücü-akım (Saleh 1991) ve **b)** Spektrum karakteristikleri: Kırmızı (LS5480 tipi) ve kızılötesi (LD274 tipi) (Eldar 2017b)

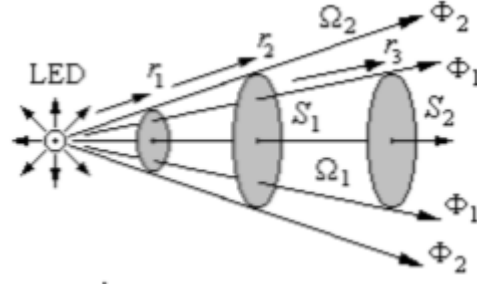
LED'in ışıması

LED'lerin ışığının ne kadar homojen olup olmadığı dikkat edilmesi gereken hususlardan biridir. Bu sebeple LED ışığının homojenliğinin pratikte kullanım önerilerine ihtiyaç vardır (Eldar 2017b). Şekil 3.2'de LED'in ışıma diyagramı gösterilmiştir. Işıma, LED'lerin tipine göre değişiklik gösterebilir. (Eldar 2017a).



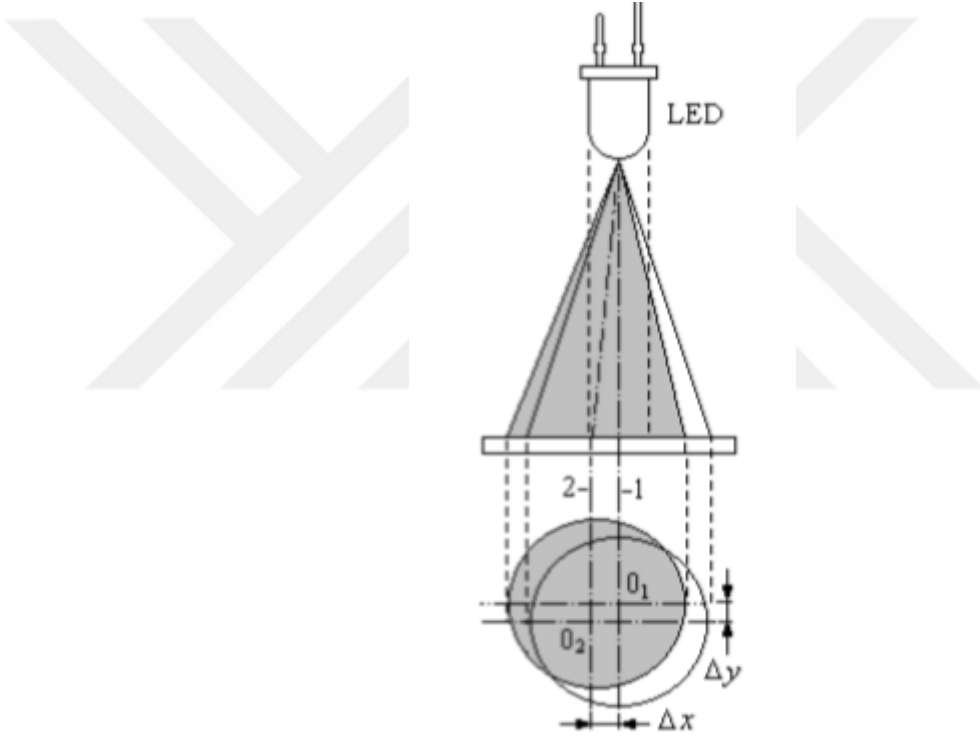
Şekil 3.2. LED'lerin ışıma diyagramları (Eldar 2017a)

Şekil 3.3'de LED'in ışık yayan kristali çok küçük olduğundan LED'i nokta ışın kaynağı olarak kabul edildiği gösterilmiştir (Eldar 2017a).



Şekil 3.3. İdeal durumda LED ışığının yayılımı (Eldar 2017a).

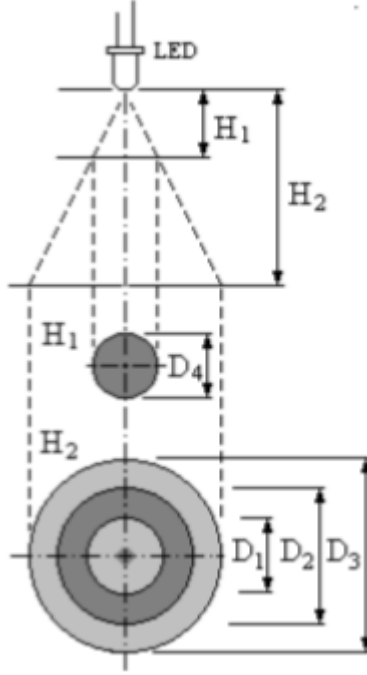
Şekil 3.4’de LED’in yapısal eksenini ile gerçek eksenini arasında fark olduğu gösterilmiştir (Eldar 2017a)



Şekil 3.4. Optik eksenler arasındaki fark (Eldar 2017a)

Burada, 1 ile gösterilen bölüm yapısal eksenini, 2 ile gösterilen bölüm gerçek eksenini, Δx ve Δy ile gösterilen ifadeler; gerçek-yapısal eksenlerin merkezlerinin apsis ve ordinat eksenleri arasında oluşan kaymaları, O_1 yapısal ekseninin merkezini, O_2 gerçek ekseninin merkezini ifade etmektedir.

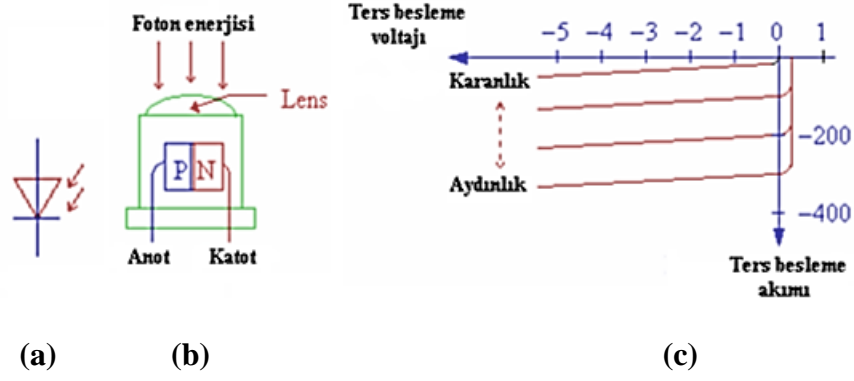
Şekil 3.5’de algılama yüzeyine düşen ışının görüntüsünün üç farklı halkadan oluştuğu gösterilmiştir. Burada H_1 ve H_2 ile gösterilenler LED ile algılama yüzeyi arasındaki mesafeyi, D_1 , D_2 , D_3 ve D_4 ile gösterilenler ışın lekesinin parametrelerini ifade etmektedir. Işın lekesinin içteki ve dıştaki bölgelerinde ışın şiddetinin düşük olduğu, ortadaki bölgede ise yüksek olduğu görülmektedir (Eldar 2017a).



Şekil 3.5. Işın lekesinin görüntüsü (Eldar 2017a)

3.1.2. Fotodedektör

Fotodiyot, foton soğurduğunda ters akımı artan bir aygıttır ve dışardan ters gerilim uygulandığında üzerine düşen ışıkla birlikte ilettime geçebilen bir devre elemanıdır. Şekil 3.6’da fotodiyotun sembolü, yapısı ve karakteristik eğrisi gösterilmiştir.

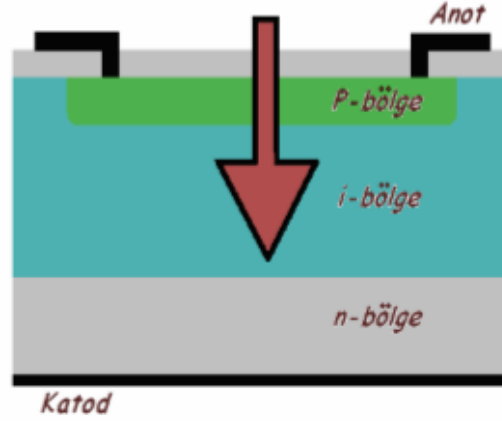


Şekil 3.6. Fotodiyotun sembolü (a), yapısı (b) ve karakteristik eğrisi (c) (Çavaş 2011)

Fotodiyotun çalışma prensibi, fotodiyotun eklemine ışık geldiğinde yeterli enerjiye ($h\nu > E_g$) sahip olan fotonların soğurulması prensibine dayanır. Serbest elektronlar ve boşluklar difüzyon eklem alanı (uygulanan ters gerilim) ile yayılırlar. Bu yayılım diyotun farklı taraflarında toplanırlar (Çavaş 2011). Fotodiyot bir yüke bağlanırsa eklemeye düşen ışığın etkisiyle soğurulan fotonların (ışık şiddeti) ve oluşan taşıyıcıların sayısı ile orantılı olarak bir akım oluşur. P-n ve p-i-n fotodiyot gibi türleri vardır. Bir dedektör olarak p-i-n fotodiyot, p-n fotodiyota nazaran birçok avantaja sahiptir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

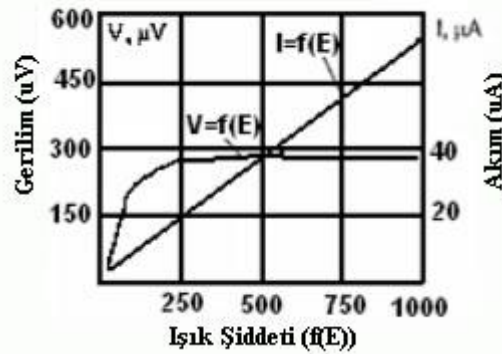
- Cihazın deplezyon tabakasının genişliğini artırmak ışığın yakalandığı alanı da artırır.
- Deplezyon tabakasının genişliğini artırmak eklem kapasitesini ve böylece zaman sabitini ($\tau = RC$, τ zaman sabiti, R direnç, C kapasitans) düşürür.
- Bu diyotlar çok hızlı tepki verdiği için saniyede 10 Gb (Gigabyte) hızında veri aktarımı mümkündür.

Sistemimizde yukarıda bahsedilen üstün özelliklerinden dolayı pin fotodiyot kullanılmıştır. Pin cihaz yapısında katkısız i bölgesinin oluşumu, az katkılı ve yüksek dirençli p veya n tipi tabakaların arasına eklenmesi ile gerçekleşir. Pin eklem yapısı Şekil 3.7'da gösterilmiştir. İ-bölgesinin az katkılanmış (ya da katkılanmamış) olduğu bilindiğine göre dışardan uygulanan geriliminin hemen hemen tamamının bölgeye düştüğü kabul edilebilir (Streetman and Banerjee 2000).



Şekil 3.7. Pin eklem şeması (Streetman and Banerjee 2000)

Fotodiyottan elde edilen gerilim (V) ışık şiddetiyle önce doğrusal, daha sonra logaritmik olarak değişir. Benzer şekilde, dışardan uygulanan gerilimin artması ile diyot akımı da doğrusal olarak değişmektedir. Her iki durum Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Küçük bir yük direnci kullanılmasıyla elde edilen fotodiyot eğrisi doğrusal bir karakteristik gösterir ancak hassasiyet çok küçük değerlerde olabilir. Fotodiyotun voltaj kaynağı olarak kullanılmasında çıkış voltajı ile ışık şiddeti aşağı yukarı logaritmik değişmektedir (Gündüz 2007). Bu durum, yük direnç değerinin 10 MΩ ve daha fazla olduğu durumda geçerlidir.

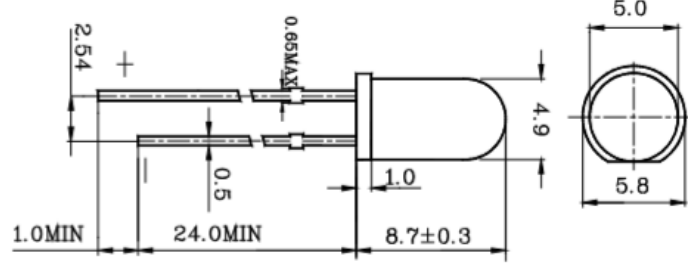


Şekil 3.8. Fotodiyotun, $V=f(E)$, $I=f(E)$ eğrileri (Çavaş 2011)

Foto duyarlılık ışık gücünün elektrik akıma dönüştürülme etkisinin bir oranıdır ve fotoakımın (I_{ph}), fotodiyotun yüzeyine düşen ışığın gücüne oranı ile belirlenir (A/W). Foto duyarlılık, fotodiyotun eklemlerine gelen ışığın dalga boyu, dışardan uygulanan ters polarma voltajı ve sıcaklık ile değişmektedir.

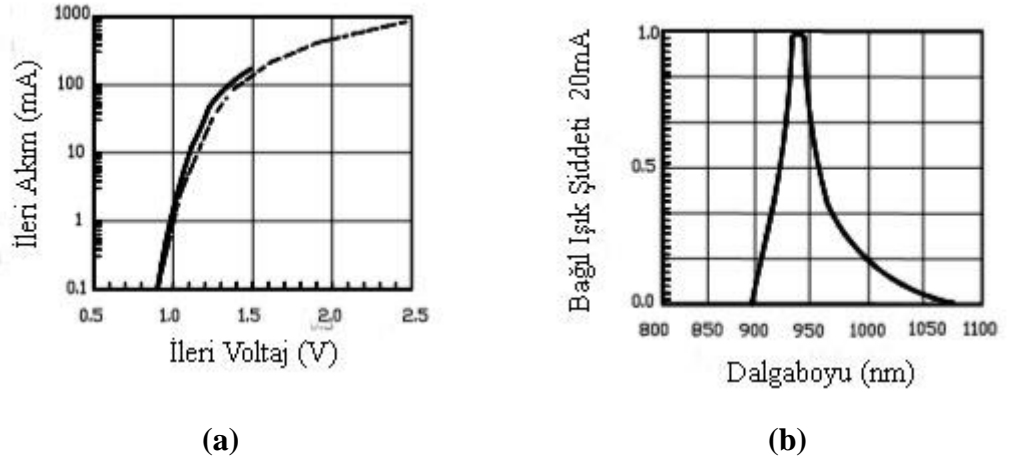
3.2. Verici Devresi

Verici devresinde kızıl ötesi LED olarak Strong Base Investment Ltd firması tarafından üretilen SB-5010IRB ürünü kullanılmıştır (Şekil 3.9).



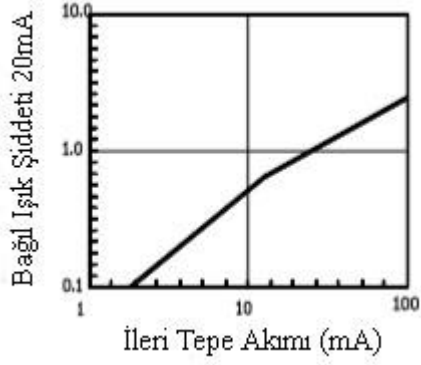
Şekil 3.9. SB-5010IRB kızılötesi LED gösterimi (Anonymous 2015)

Şekil 3.10 ve 3.11’de SB-5010IRB kızıl ötesi LED için üretici firma tarafından sunulan veriler yer almaktadır. Bunlar, ileri akım-ileri voltaj değişimi (Şekil 3.10(a)), bağıl ışık şiddeti-dalgaboyu değişimi (Şekil 3.10(b)), bağıl ışık şiddeti-akım değişimi (Şekil 3.11(a)) ve ileri voltaj-sıcaklık değişimidir (Şekil 3.11(b)).

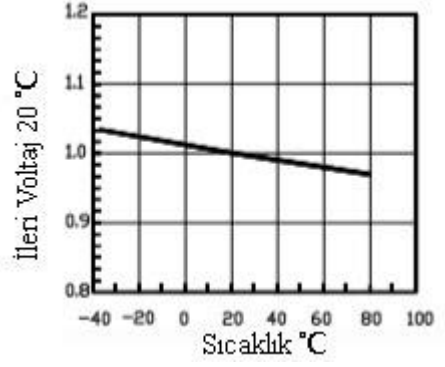


Şekil 3.10. (a) İleri akım-ileri voltaj değişimi ve (b) bağıl ışık şiddeti-dalgaboyu değişimi (Anonymous 2015)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



(a)



(b)

Şekil 3.11. (a) Bağıl ışık şiddeti-ileri tepe akım değişimi ve (b) ileri voltaj-sıcaklık değişimi (Anonymous 2015)

Çizelge 3.2. Mutlak maksimum derecelendirme (Anonymous 2015)

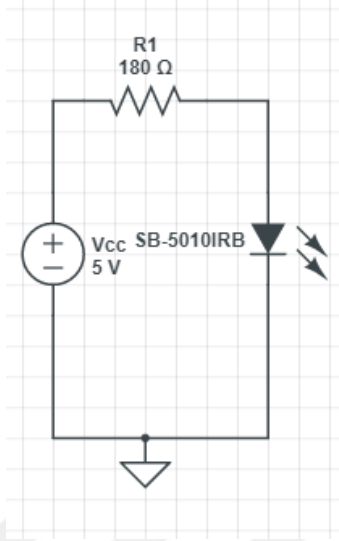
Parametreler	Sembol	Değerlendirme	Birim
İleri Akım	I_F	50	mA
Elektrostatik Boşalma	---	---	V
Güç Dağılımı	P_d	100	mW
Tepe İleri akımı (1/10 görev döngüsü 0,1 Darbe genişliği)	I_{FP}	200	mA
Yedek voltaj	V_R	5	V
Çalışma sıcaklığı	T_{OPT}	-40~-80	°C
Depolama Sıcaklığı	T_{STG}	-40~-80	°C

Çizelge 3.3. Elektrik ve optik özellikler ($T_a = 25$ °C) (Anonymous 2015)

Parametreler	Sembol	Test Koşulları	Değerlendirme			Birim
			Min.	Ort.	Max.	
İleri Voltaj	V_F	$I_F=20\text{mA}$	---	1.2	1.6	V
Yedek Akım	I_r	$V_R=5\text{v}$	---	---	20	μA
Radyant Güç	P_o	$I_F=20\text{mA}$	---	1.8	---	mW
Baskın Dalga Uzunluğu	λ_d	$I_F=20\text{mA}$	---	940	---	nm
İleri akım tavsiye	$I_F(\text{Rec})$	----	---	20	---	nA
Görüş açısı	$2\Theta_{1/2}$	$I_F=20\text{mA}$	20			deg

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Şekil 3.12’de verici devresi gösterilmektedir. Devre, dc gerilim kaynağı, direnç ve kızılötesi LED’den oluşmaktadır.



Şekil 3.12. Verici devresi

Devrede kullanılan direnç değeri, firmanın vermiş olduğu verilere göre $I_f=20\text{ mA}$, kızılötesi diyot üzerindeki gerilim $V_{D1} = 1.2\text{ V}$ seçilerek 940 nm dalgaboyunda çıkış verecek şekilde,

$$R = \frac{V_{cc}-V_{D1}}{I_f} = \frac{5V-1.2V}{20mA} = 190\ \Omega \quad (3.1)$$

direnç değeri hesaplanmıştır. Ülkemizde satılan standart direnç değerlerine göre en yakın direnç değeri 180 Ω olarak bulunmuştur ve bu direnç devrede kullanılmıştır. Teoride devredeki akım değeri yaklaşık,

$$I_f = \frac{V_{cc}-V_{D1}}{R} = \frac{5V-1.2V}{180} = 21\text{ mA} \quad (3.2)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu işlemlerde kızılötesi LED üzerinde oluşan direnç değeri ihmal edilmiştir.

3.3. Alıcı Devresi

10 metre tabanca atışlarında merminin çıkış hızı: 100m/s - 200 m/s arasında olduğu bilindiğine göre; x merminin uzunluğu(x= 4,5 mm), a tasarlanan modeldeki deliğin çapı (a= 4 mm), v merminin hızı olmak üzere, t bir nesnenin belirli bir noktadan geçiş süresidir. Bu;

$$t = \frac{x+a}{v} \quad (3.3)$$

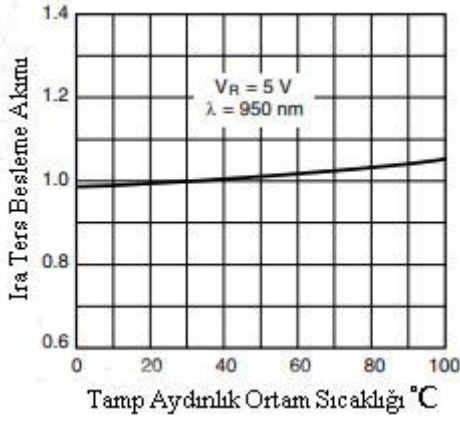
formülüyle hesaplanabilir. t₁ merminin geçiş hızı, v₁=100m/s için 85 µs olarak hesaplanır. t₂ merminin geçiş hızı, v₂=200 m/s için 42.5 µs olarak hesaplanır. Seçilecek malzemenin tepki süresi 42.5 µs –85 µs arasında olması beklenir. Hesaplanan süreye göre frekans

$$f = \frac{1}{t} \quad (3.4)$$

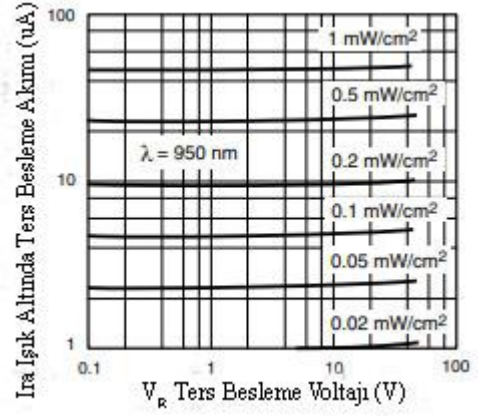
formülüyle hesaplanır. t süreleri yerine koyularak işlem yapıldığında seçilecek malzemenin frekansı yaklaşık 11 kHz - 23 kHz arasında olması beklenir.

Verici devresinde kızılötesi ışık yayan bir aygıt kullanıldığından seçilecek aygıtta görünür ışığı engelleyen filtrenin bulunması gerekir. Aynı zamanda 940 nm dalgaboyunda çalışması ve mermiden yansımaları önlemek için yansıma engelleyici bir yapının olması gerekmektedir.

Bu durumlar göz önüne alındığında, yaklaşık 20 ns yüksek tepki süresine ve hassasiyete sahip olan pin fotodiyot Vishay firması tarafından üretilmektedir (model no: BPW41N). Bu pin yapılı fotodiyotta N tipi silisyum alt tabaka üzerine epitaksiyel büyütme yöntemiyle az katkılı i-tabaka elde edilmiştir. Bu i tabaka üzerindeki P tipi silisyum tabaka Boron katkılama ile elde edilmiştir. Anot ve katot kontaklarda sırasıyla alüminyum (Al) ve altın antimoni (AuSb) kullanılmıştır. pin yapı, çerçeve bölgesi hariç SiO₂ yalıtım tabakasıyla çevrelenmiş ve çerçeve bölgesinde yansıma önleyici tabaka kullanılmıştır. Bu fotodiyot görünür ışığı engelleyen plastik koruyucu bir filtre içerisindedir (Özden 2005).

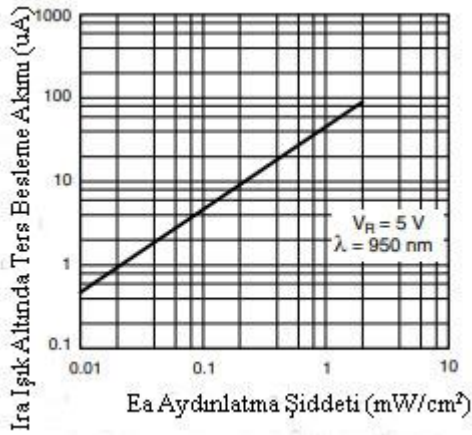


(a)

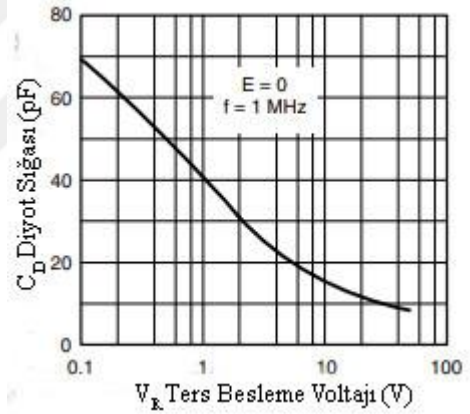


(b)

Şekil 3.14. (a) Ters besleme akımının aydınlık ortam sıcaklığına bağımlılığı diyagramı ve (b) farklı aydınlatma şiddetlerinde ters yöndeki akımın ters besleme voltajına karşı değişim diyagramı (Anonymous 2011)



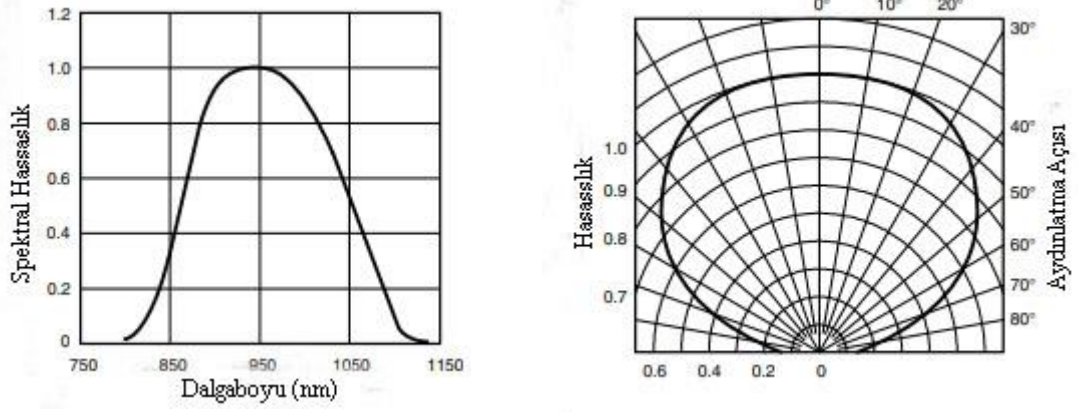
(a)



(b)

Şekil 3.15. (a) Işık altında ters besleme akımının aydınlatma şiddetine bağımlılığı diyagramı ve (b) Diyot sığasının – ters besleme voltajına bağımlılığı diyagramı (Anonymous 2011)

3. MATERYAL ve YÖNTEM



(a)

(b)

Şekil 3.16. (a) Spektral hassaslığın – dalgaboyuna karşı değişim diyagramı ve (b) hassaslığın aydınlatma açısına bağlı değişim diyagramı (Anonymous 2011)

Çizelge 3.4 Ürün özeti (Anonymous 2011)

Model	Ira (μA)	ϕ (deg)	λ (nm)
BPW41N	45	± 65	870 - 1050

Çizelge 3.5. Maksimum değerler (Sıcaklık = 25 ° C) bilgisi (Anonymous 2011)

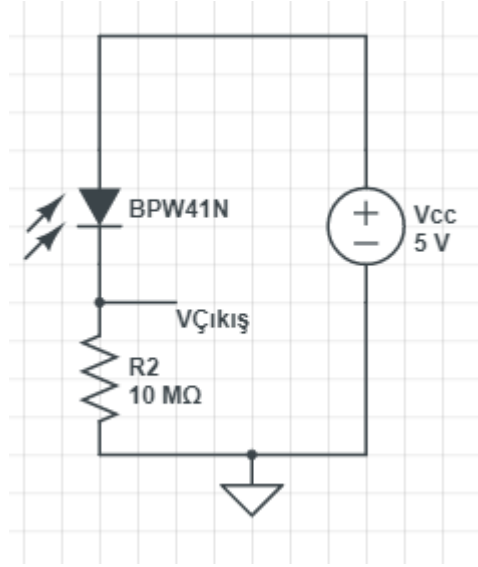
Parametre	Test Koşulu	Sembol	Değer	Birim
Ters gerilim		V_R	60	V
Güç dağılımı	$T_{amb} \leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	P_V	215	mW
Birleşme sıcaklığı		T_j	100	$^\circ\text{C}$
Çalışma sıcaklığı aralığı		T_{amb}	- 40 to +100	$^\circ\text{C}$
Depolama sıcaklığı aralığı		T_{stg}	- 40 to +100	$^\circ\text{C}$
Lehim sıcaklığı	$t \leq 5 \text{ s}$	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$
Termal direnç bağlantısı / ortam	Cu tel ile bağlı, 0,14 mm ²	R_{thJA}	350	K/W

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çizelge 3.6. Temel özellikler (Sıcaklık = 25 °C) bilgisi (Anonymous 2011)

Parametre	Test koşulu	Sembol	Min	Ort.	Max	Unit
Arıza gerilimi	$IR = 100 \mu A, E = 0$	V(BR)	60			V
Ters karanlık akım	$VR = 10 V, E = 0$	I _{ro}		2	30	nA
Diyot kapasitansı	$VR = 0 V, f = 1 MHz, E = 0$	CD		70		pF
Açık devre voltajı	$Ee = 1 mW/cm^2, \lambda = 950 nm$	V _o		350		mV
V _o 'ın sıcaklık katsayısı	$Ee = 1 mW/cm^2, \lambda = 950 nm$	TKV _o		- 2.6		mV/K
Kısa devre akımı	$Ee = 1 mW/cm^2, \lambda = 950 nm$	I _k		38		μA
I _k 'nın sıcaklık katsayısı	$Ee = 1 mW/cm^2, \lambda = 950 nm$	TKI _k		0.1		%/K
Ters ışık akımı	$Ee = 1 mW/cm^2, \lambda = 950 nm, VR = 5 V$	I _{ra}	43	45		μA
Yarı hassasiyet açısı		φ		± 65		deg
Tepe hassasiyetinin dalga boyu		λ_p		950		nm
Spektral bant genişliği aralığı		$\lambda_{0.5}$		870 to 1050		nm
Gürültü eşdeğeri güç	$VR = 10 V, \lambda = 950 nm$	NEP		4 x 10 ⁻¹⁴		W/ \sqrt{Hz}
Yükselme zamanı	$VR = 10 V, RL = 1 k\Omega, \lambda = 820 nm$	tr		100		ns
Düşme zamanı	$VR = 10 V, RL = 1 k\Omega, \lambda = 820 nm$	tf		100		ns

Şekil 3.17'de alıcı devresi gösterilmektedir. Devre, dc gerilim kaynağı, direnç ve fotodiyottan oluşmaktadır.



Şekil 3.17. Alıcı devresi

Alıcı devre ile verici devre arasında 170 mm ölçülerinde mesafe vardır. Bu mesafeden dolayı düşük yük direnci seçildiğinde fotodiyota gelen optik güç azalacaktır ve istenilen değerde çıkış voltajı elde edilemeyecektir. Fotodiyotun voltaj kaynağı olarak kullanılmasında yük direncinin değerini artırarak 10 MΩ ve daha fazla olduğu durumda çıkış voltajının logaritmik değiştiği bilinmektedir. Bu bilgilere istinaden ve firmanın vermiş olduğu verilere göre devrede kullanılan direnç değeri 10 MΩ seçilmiştir.

3.4. Filtre Modeli

Güneş ışınımı değişik dalgalı boylarında yayılır. Güneş Spektrumunda, güneş ışınımı dalgalı boylarına göre sıralanır. Bunlar gama ışınları, x- ışınları, ultraviyole ışık, görünür ışık, kızıl ötesi ışık ve radyo dalgalarıdır (Anonymous 2016).

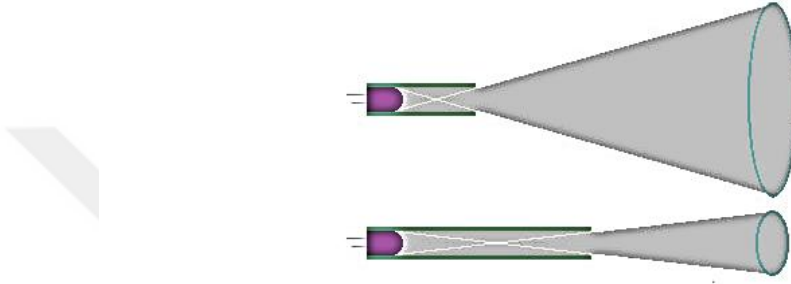
Ortamda ışık yokken hiçbir ışık yansıtılmadığı için her şey siyah görünür yani hiçbir şey görünmez. Renk pigmentleri, yansıttığı ışığın dalgalı boylarına bağlı olarak oluşur. Siyah renkte ışığı yansıtmak yerine soğuran pigmentler görülür (Anonymous 2020a).

Fotodiyota ulaşan ışık miktarının, fotodiyotun görebileceği boşluk açısıyla orantılı olduğu bilinmektedir. DC sızıntı akımını azaltmak için, fotodiyotun etrafında siyah boyalı

3. MATERYAL ve YÖNTEM

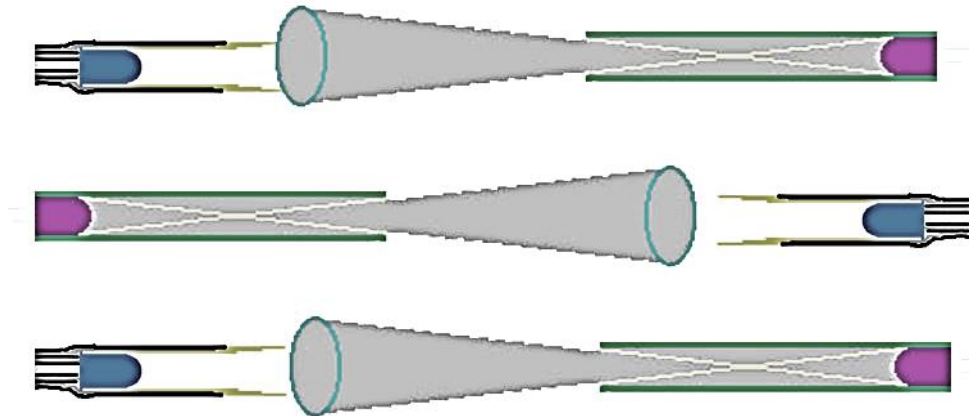
bir tüp kullandığımızda görüş açısını sınırlayarak istenmeyen ışıklardan ve güneş ışığından korumuş oluruz. Şekil 3.18’de gösterildiği gibi tüp ne kadar uzun olursa o kadar güvenli olur. Ancak tüp daha uzun olursa sensörlerin hassas bir şekilde hedeflenmesi gerekir.

Alıcının istenmeyen aktivasyon sebepleri, nem, hatalar, lambalar, güç kabloları, telsiz telefonlar, radyo vericileri, anahtarlama ışık sistemi gibi araçlar olabilir.



Şekil 3.18. Tüp uzunluğuna göre fotodiyotun görüş açısı

Seri halde karşılıklı dizilen kızılötesi LED ve fotodiyotun birbirinden etkilenmemesi için Şekil 3.19’da gösterildiği gibi aynı sırada bir fotodiyot bir kızıl ötesi LED kullanılmıştır. Bu yapıyla, bir fotodiyotun birden fazla kızılötesi LED’in ışığından etkilenmesi önlenmiş olur.



Şekil 3.19. Filtre modelinde kullanılan fotodiyot ve kızılötesi LED’in dizilimi

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Şekil 3.20’de gösterildiği gibi gürültüyü azaltmak için kablo ile fotodiyotun bağlantı noktasına ya bir basınç uygulmalı ya da bir bakır plakete monte edilmelidir. Bu yüzden devre montajında jummer kablosu ve soket kullanılmamalıdır.

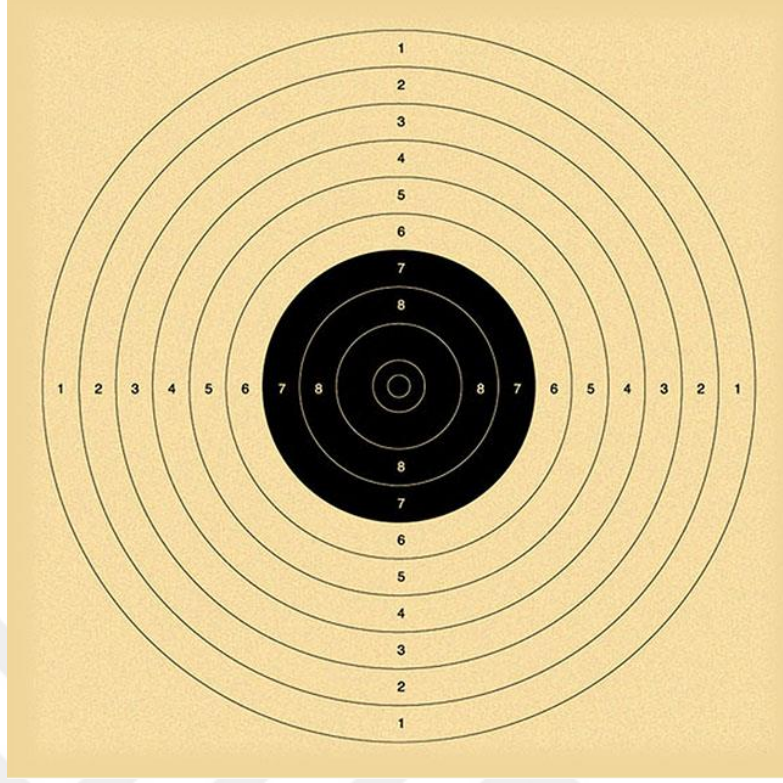


Şekil 3.20. Fotodiyotta gürültüden azaltma yönteminin gösterimi

Kullanılan fotodiyotun firma tarafından verilen bilgilerinde, genişliğin 5 mm olduğu, aynı zamanda kullanılan kızılötesi LED’in de firma bilgilerinde çapının 5 mm olduğu ve havalı tabanca organizasyonlarında kullanılan merminin çapının 4.5 mm olduğu bilinmektedir.

Bu bilgiler ışığında en hassas tepki veren elektronik hedef sistemi için filtre sisteminde kullanılacak siyah renk malzemenin yerleştirildiği bölümün ortasına açılacak deliğin çapı 4.5 mm’den küçük seçilmelidir. Tasarlanacak model için bu değer 4 mm seçilmiştir.

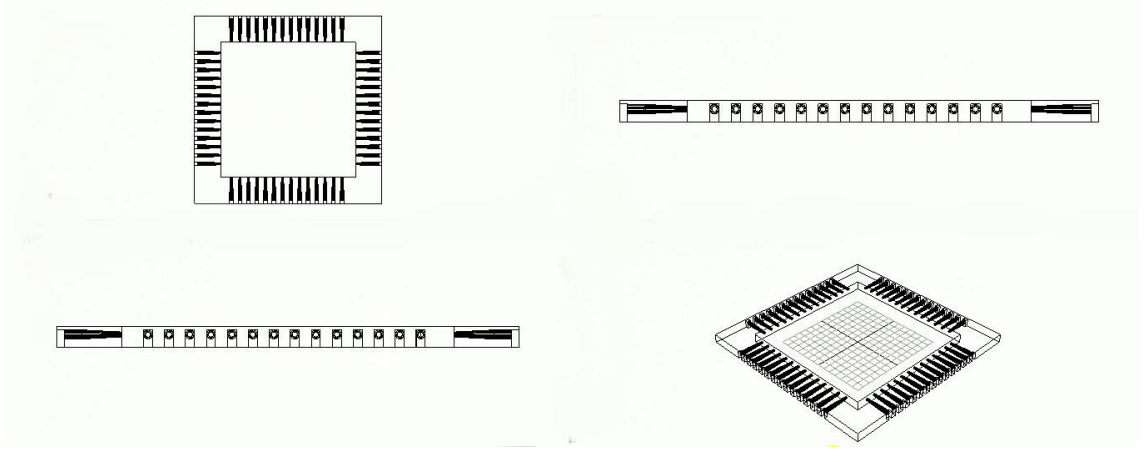
Ayrıca Uluslararası Atıcılık Sporları Federasyonu (ISSF - International Shooting Sport Federation) tarafından belirlenen standartlara göre 10 metre havalı tabanca organizasyonlarında kullanılan hedef kâğıdı 170 mm-170 mm ölçülerindedir (Şekil 3.21). Kullanılacak malzemelerin genişlikleri 5 mm ölçüsünde olduğundan ve tek bir koordinat dizisinde 41 tane fotodiyot kullanılacağından tek bir baskı devre yeterli olmayacaktır. Bu durumda malzemeleri sıralı olarak birbirini tamamlayacak şekilde üç ayrı baskı devrenin üzerine üç ayrı model tasarlanmalıdır.



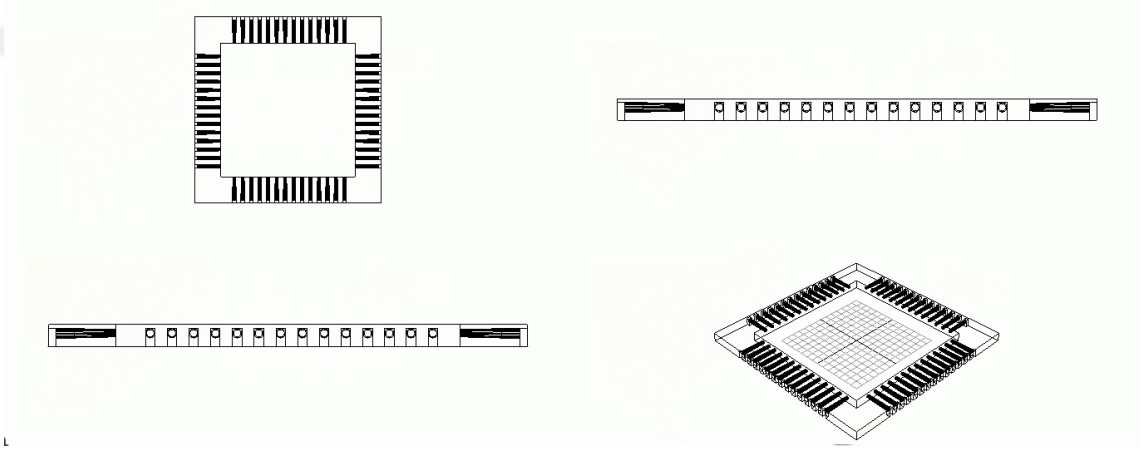
Şekil 3.21. Uluslararası atıcılık sporları federasyonunun 10 metre havalı tabanca organizasyonlarında kullandığı hedef kâğıdı (Kaya 2019)

Filtre modeli tasarlanırken üç boyutlu tasarımlarda kullanılan 3Ds Max programı kullanılmıştır.

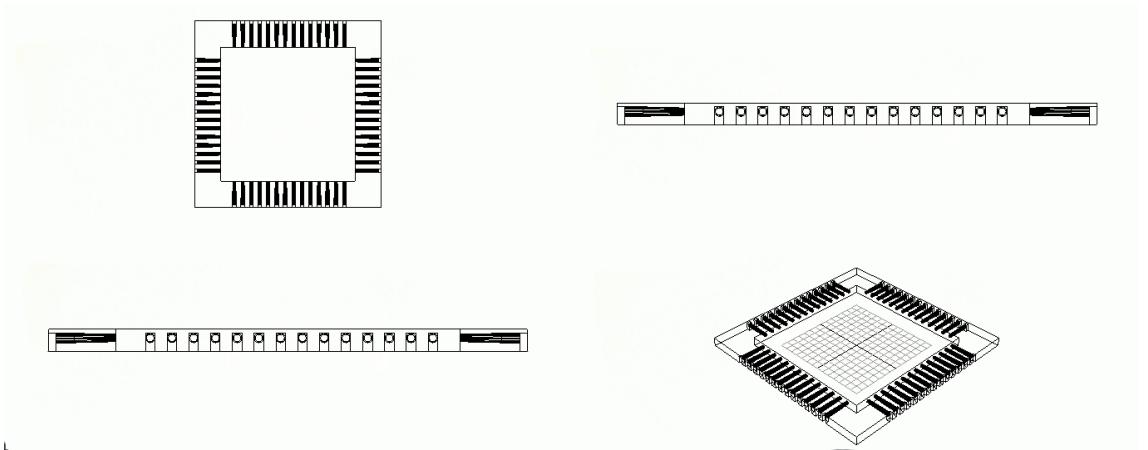
Üç kat için ayrı ayrı çizilen filtre modelleri Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24’de gösterilmiştir. Genel olarak hedef sisteminde 41 adet x koordinatı ve 41 adet y koordinatı olmak üzere alıcı - verici sensör çiftine göre toplamda 82 sensör çifti için dizayn yapılmıştır. Kare olarak dizayn edilen modellerin dış kısmında malzemelerin ölçülerine göre oyuklar oluşturulmuştur.



Şekil 3.22. Birinci kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi



Şekil 3.23. İkinci kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi



Şekil 3.24. Üçüncü kat için tasarlanan modelin genel ve perspektif gösterimi

3. MATERYAL ve YÖNTEM

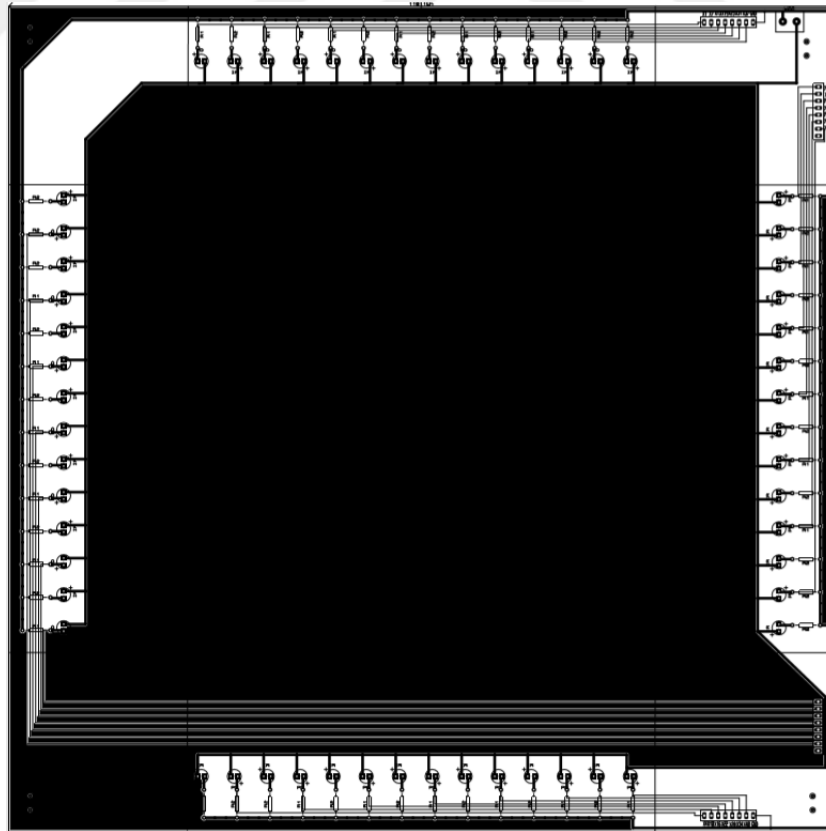
Şekil 3.25’de tasarlanan modellerde her malzeme için çıkış deliklerinin birbirini tamamlayacak şekilde tasarlandığı gösterilmiştir. Her bir delik 4 mm çapında tasarlanmıştır.



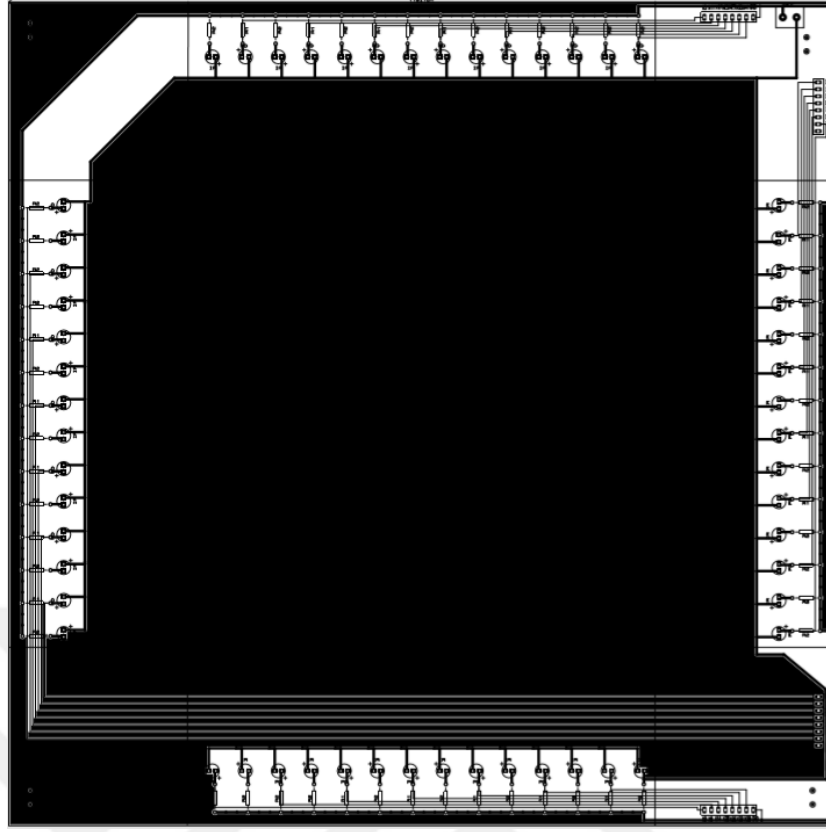
Şekil 3.25. Tüm katların üst üste yerleştirilerek tasarlanan modelin önden gösterimi

3.5. Baskı Devre Çizimi

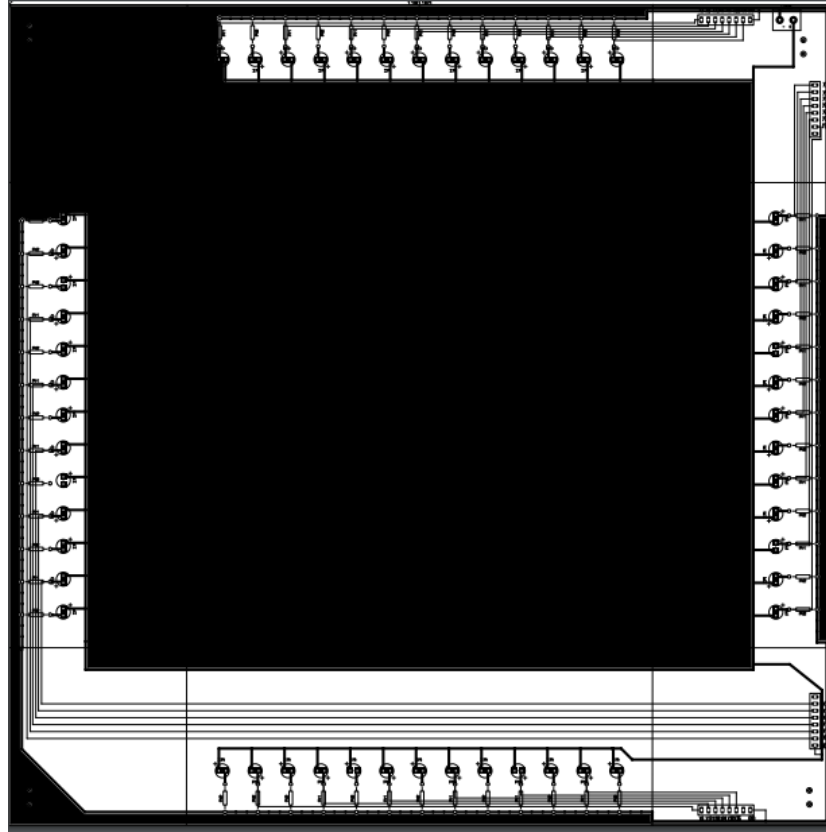
Proteus programı kullanılarak baskı devre çizimi gerçekleştirilmiştir. Filtre modeli tasarımında malzemelerin yerleştirileceği oyukların lokasyonuna göre Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28’de gösterildiği gibi baskı devreler tasarlanmıştır.



Şekil 3.26. Birinci kat baskı devre gösterimi



Şekil 3.27. İkinci kat baskı devre gösterimi



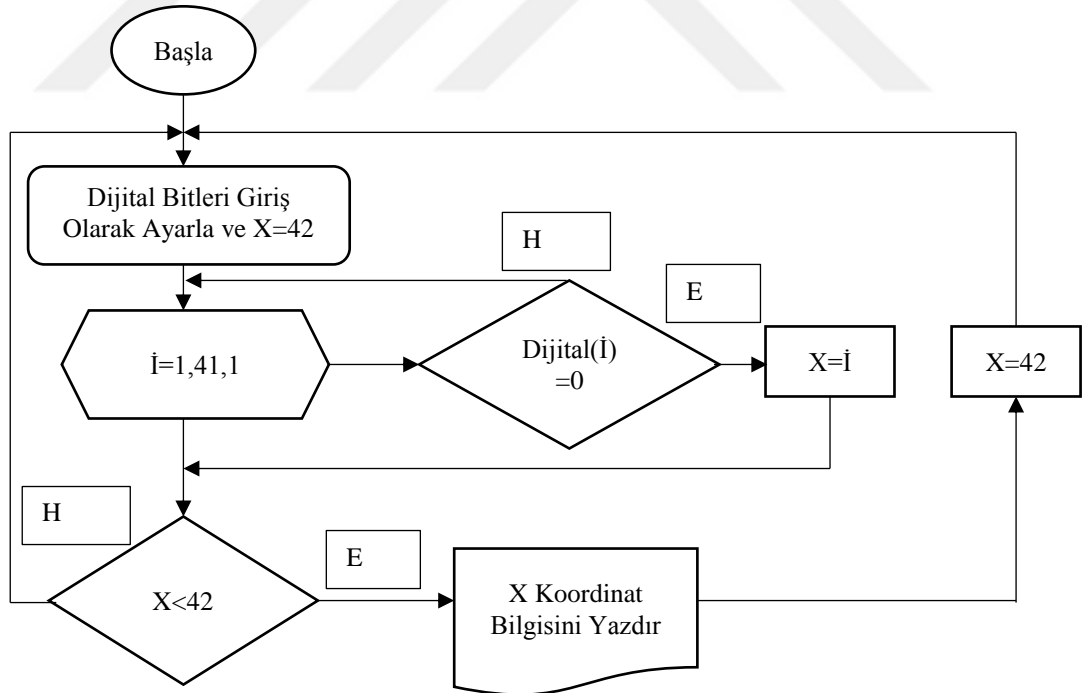
Şekil 3.28. Üçüncü kat baskı devre gösterimi

3.6. Arduino Mega, Algoritma ve Yazılım

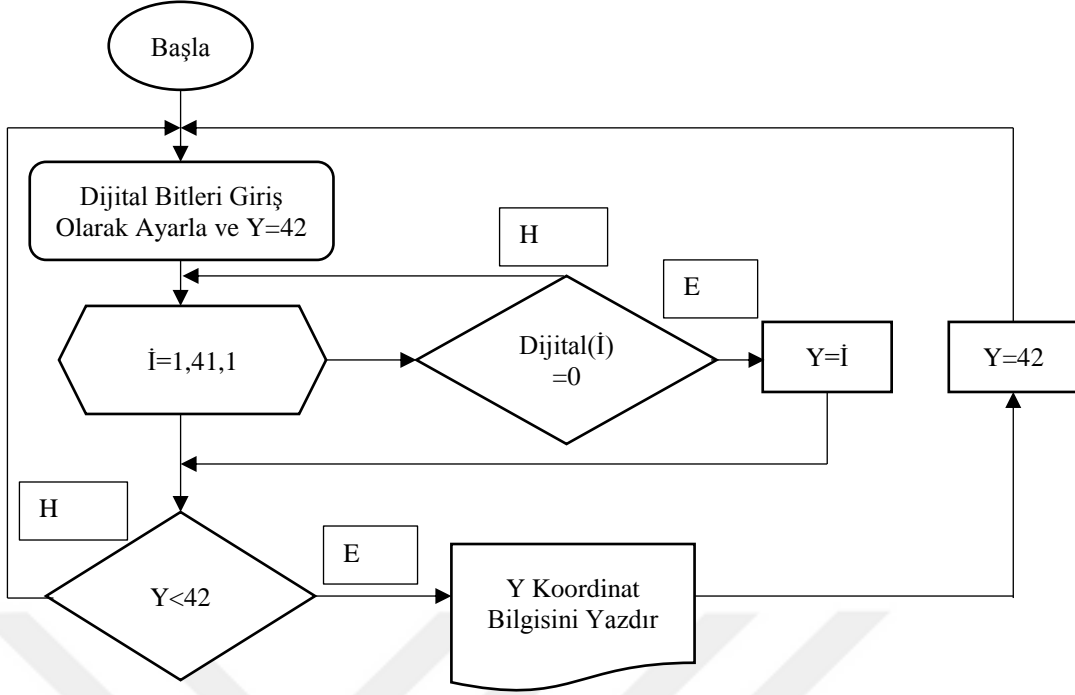
Elektronik hedef tahtasında kızılötesi sensörlerden gelen bilgiye x ve y koordinatlarını hesaplamak için ayrı ayrı iki tane Arduino mega 2560 mikro denetleyicisi kullanılmıştır.

Arduino Mega 2560 mikro denetleyicisi üzerinde 54 dijital giriş / çıkış pini (15 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir), 16 analog giriş, 4 UART (donanım seri bağlantı noktası), 16 MHz kristal osilatör, USB bağlantısı, güç girişi, ICSP başlığı ve bir resetleme düğmesi gibi donanımlar bulunur (Anonymous 2020b).

Şekil 3.29'da ve Şekil 3.30'de gösterilen algoritmalarda, Arduino'nun yazılım geliştirme ortamında C yazılım dili kullanılarak x ve y koordinatları bilgileri elde edilmiştir.



Şekil 3.29. X koordinat algoritması



Şekil 3.30. Y koordinat algoritması

Ardunio yazılım geliştirme ortamı kullanılarak aşağıdaki programda gösterildiği gibi for döngüsü içerisinde pinMode komutuyla Ardunio Mega’da bulunan pinlerden 1’den 42’ye kadar olanlar giriş olarak ayarlandı. Burada Serial.begin ise serial monitörü başlatmaktadır ve 9600 ise veri hızıdır.

```

void setup()
{
  for (int a=1;a<42;a++)

  { pinMode(a, INPUT); }

  Serial.begin(9600); }

```

Aşağıdaki programda gösterildiği gibi yine for döngüsü kullanılarak digitalWrite komutuyla daha önce giriş olarak ayarlanan pinlerden gelen bilgiler okunmaktadır. Hedef tahtasından gelen bilgi, hangi pinde sıfır olursa o pinin sayısal değeri x’e aktarılır.


```
void loop()
{
  for(int i=1;i<42;i++)
  {
    r=digitalRead(i);

    if(r==0)
    { x=i;
      break; }}
}
```

Aşağıdaki programda gösterildiği gibi Serial.print komutu kullanılarak x'e aktarılan bilgi seri port üzerinden bilgisayara aktarılır. Burada her koordinat birimi milimetreye dönüştürülmüş ve milimetreye dönüştürülen birim akabinde piksele dönüştürülmüştür (1mm=3,779528 px).

```
if(x<42)
{ x=(x*4*3.779528)-19;

  Serial.print(x);
  x=42;
  delay(500);
}
```

Y koordinatı bilgilerini bilgisayara aktarmak için ikinci bir Arduino Mega mikro denetleyicisi kullanılarak aynı işlemler tekrar edilmiştir.

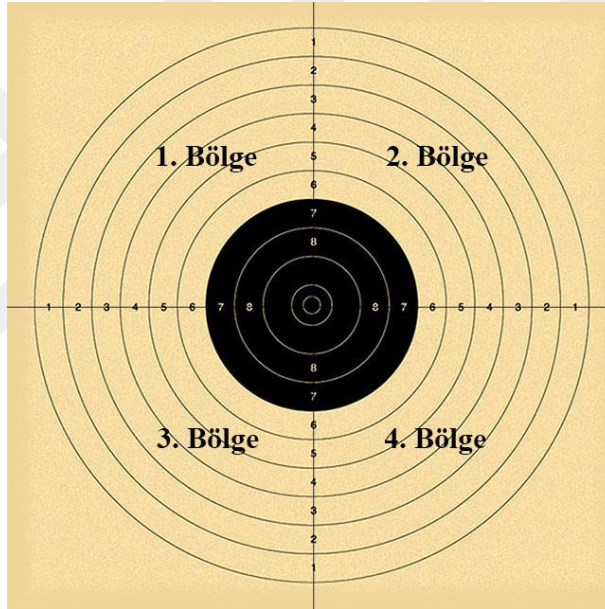
3.7. Visual Studio ile Yazılım

Microsoft Visual Studio, uygulama arayüzü geliştirme programıdır. Microsoft firması tarafından geliştirilmiştir. IDE (Integrated Development Environment) olarak adlandırılan ortak bir uygulama geliştirme platformu sunması en önemli özelliklerinden biridir. Bu programın diğer bir önemli özelliği ise görselliği ön plandadır. Microsoft Visual Studio programıyla Visual Basic, C#, C++ ve .NET yazılımlarıyla uygulama geliştirilebilir (Topal 2014).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Dijital hedef sisteminde görsel olarak nesnenin veya merminin konumunu, konumuna göre puanını ve merminin hedeften geçiş süresini belirlemek için Visual Studio programında C# dili seçilmiştir.

Visual Studio programında windows formun merkez noktası sol üst köşedir. Bu sebepten konumun hedef kâğıdının merkezine çekilmesi gerekir. Şekil 3.31’de gösterildiği gibi hedef kâğıdı dört bölge olarak alınmıştır. Gerçek hedef kâğıdının bir kenar uzunluğu 170 mm ve her koordinat 4 mm olduğundan sanal hedef kâğıdının kenar ölçüsü dördün katı olması gerekmektedir. Bu yüzden gerçek hedef kâğıdı kenarlarından 3 mm kırılmış ve sanal hedef 164 mm-164 mm ölçülerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.31. Hedef kâğıdı üzerinde gösterilen bölgeler

Birinci ve üçüncü bölgeler için hedef kâğıdı genişliği L olarak ifade edilir (L=164 mm=620 px). Mikro denetleyiciden gelen x koordinat bilgisi ise X ile ifade edilirse, merkezden uzaklığı gösteren $X_{koordinat}$ değerinin piksel olarak formülü aşağıdaki gibi olur.

$$X_{koordinat} = \frac{L}{2} - X \quad (3.5)$$

İkinci ve dördüncü bölgeler için de merkezden uzaklığı gösteren $X_{koordinat}$ değerinin piksel olarak formülü aşağıdaki gibi olur.

$$X_{koordinat} = X - \frac{L}{2} \quad (3.6)$$

Birinci ve ikinci bölgeler için hedef kâğıdı genişliği L olarak ifade edilir (L=164 mm=620 px). Mikro denetleyiciden gelen y koordinat bilgisi ise Y ile ifade edilirse merkezden uzaklığı gösteren $Y_{koordinat}$ değerinin piksel olarak formülü aşağıdaki gibi olur.

$$Y_{koordinat} = \frac{L}{2} - Y \quad (3.7)$$

Üçüncü ve dördüncü bölgeler için de merkezden uzaklığı gösteren $Y_{koordinat}$ değerinin piksel olarak formülü aşağıdaki gibidir.

$$Y_{koordinat} = Y - \frac{L}{2} \quad (3.8)$$

Elektronik hedef sisteminde gerekli verileri görsel olarak sunma, puanlama ve konumlandırma işlemleri için Visual Studio programı kullanılmıştır.

Aşağıdaki programda mikro denetleyiciden gelen bilgileri alacağımız seri portları açmak için kullanılan yazılım gösterilmiştir.

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    this.Paint += Form1_Paint;
    this.WindowState = FormWindowState.Maximized;

    denemePort.DataReceived += new SerialDataReceivedEventHandler(sp_DataReceived);
    denemePort.PortName = "COM7";
    denemePort.BaudRate = 9600;

    denemePort2.PortName = "COM5";
    denemePort2.BaudRate = 9600;

    denemePort.Open();
    denemePort2.Open();
}
```

Aşağıdaki programda seri portlardan gelen bilgileri okumak için kullanılan yazılım gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

```
private void sp_DataReceived(object sender, SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    data = denemePort.ReadExisting();
    data2 = denemePort2.ReadExisting();

    locationX = Convert.ToInt32(data);
    locationY = Convert.ToInt32(data2);

    var rectangle = new Rectangle(locationX, locationY, 15, 15);

    this._rectangles.Add(rectangle);
    this.Invalidate();
    atisSayisi++;
    MerkezeUzaklikHesapla(locationX, locationY);
}
```

Aşağıdaki programda sistemde kullanılan zamanlayıcı ile ilgili yazılım gösterilmiştir.

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    salise++;
    label3.Text = salise.ToString();
    if (salise == 60)
    {
        sn++;
        label2.Text = sn.ToString();
        salise = 0;
        if (sn == 60)
        {
            sn = 0;
            dk++;
            label1.Text = dk.ToString();
        }
    }
}
```

Seri port üzerinden gelen x ve y koordinat bilgilerinin hesaplamalarıyla ilgili formüller yukarıda (3.5), (3.6), (3.7) ve (3.8) şeklinde verilmiştir. Bu formüller kullanılarak nesnenin ya da merminin merkezden uzaklığını hesaplamak için kullanılan yazılım ise aşağıdaki programda gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

```
double MerkezUzaklikHesapla(double x,double y)
{
    x = locationX;
    y = locationY;
    if (x< 310 && y< 310)
    {
        //Birinci bölge
        Hipotenus = Math.Sqrt((int)Math.Pow((310 - x), 2) + (int)Math.Pow((310 - y), 2));
    }
    else if (x> 310 && y < 310)
    {
        //İkinci bölge
        Hipotenus = Math.Sqrt((int)Math.Pow((x - 310),2) + (int)Math.Pow((310 - y), 2));
    }
    else if(x < 310 && y > 310)
    {
        //Üçüncü bölge
        Hipotenus = Math.Sqrt((int)Math.Pow((310 - x), 2) + (int)Math.Pow((y - 310) , 2));
    }
    //else if (x > 310 && y > 310)
    {
        //Dördüncü bölge
        Hipotenus = Math.Sqrt((int)Math.Pow((x - 310) , 2) + (int)Math.Pow((y - 310) , 2));
    }
    SkorHesapla(Hipotenus);

    return Hipotenus;
}
```

ISSF tarafından belirlenen çember çap ölçüleri Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. Çember yarıçaplarına sensörlerin çıkış yarıçaplarının yarısı kadar değer eklenmiştir. Bunun sebebi, sanal hedef resmi üzerinde iz bırakan dairenin dış kısımları referans alınarak skorun belirlenmesidir. Aşağıda skoru belirlemek için kullanılan yazılım gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. P10 hedeflerine göre halka çapı ve toleranslar (Moreira 2017)

Çemberi	Çapı	Hatası	Çemberi	Çapı	Hatası
10 çemberi	11.5mm	(±0.1mm)	5 çemberi	91.5mm	(±0.5mm)
9 çemberi	27.5mm	(±0.1mm)	4 çemberi	107.5mm	(±0.5mm)
8 çemberi	43.5mm	(±0.2mm)	3 çemberi	123.5mm	(±0.5mm)
7 çemberi	59.5mm	(±0.5mm)	2 çemberi	139.5mm	(±0.5mm)
6 çemberi	75.5mm	(±0.5mm)	1 çemberi	155.5mm	(±0.5mm)

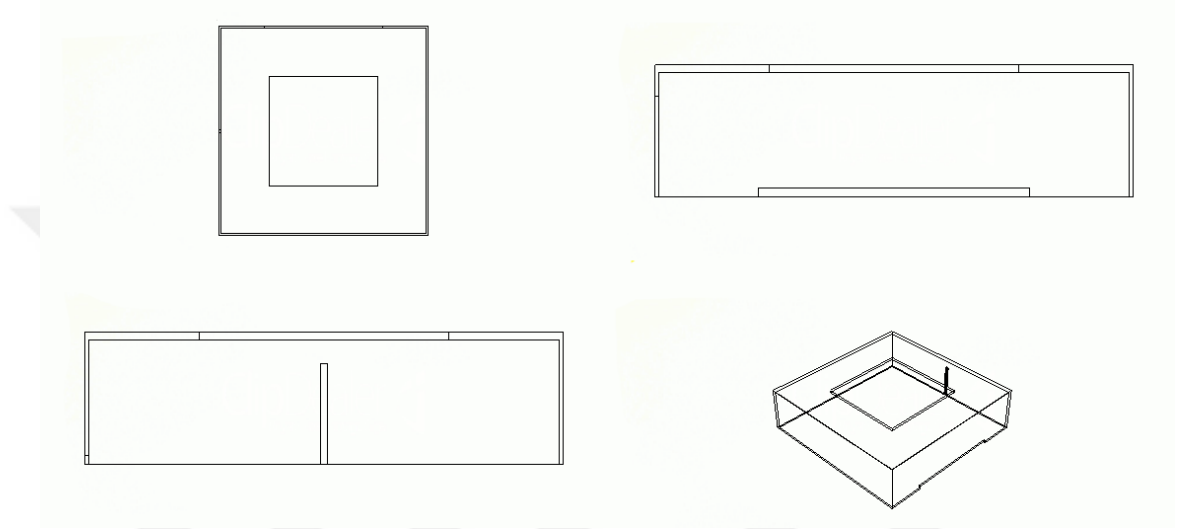
```
double SkorHesapla(double MerkezeUzaklik)
{
    if (MerkezeUzaklik <= 7.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 10;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 7.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 15.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 9;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 15.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 23.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 8;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 23.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 31.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 7;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 31.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 39.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 6;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 39.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 47.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 5;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 47.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 55.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 4;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 55.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 63.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 3;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 63.75 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 71.5 * 3.779528)
    {
        Skor = 2;
    }
    else if (MerkezeUzaklik > 71.5 * 3.779528 && MerkezeUzaklik <= 79.75 * 3.779528)
    {
        Skor = 1;
    }
    else
    {
        Skor = 0;
    }
    button2.Invoke(new EventHandler(button2_Click));
    return Skor;
}
```

3.8. Dijital Hedef Sisteminin Kasasının Modellenmesi

3Ds Max programı kullanılarak dijital hedef sisteminin kasası modellenmiştir. Tasarlanan model, elektronik tahta kasasının modellenmesi ve elektronik devre kasasının modellenmesi olarak iki bölümde incelenecektir.

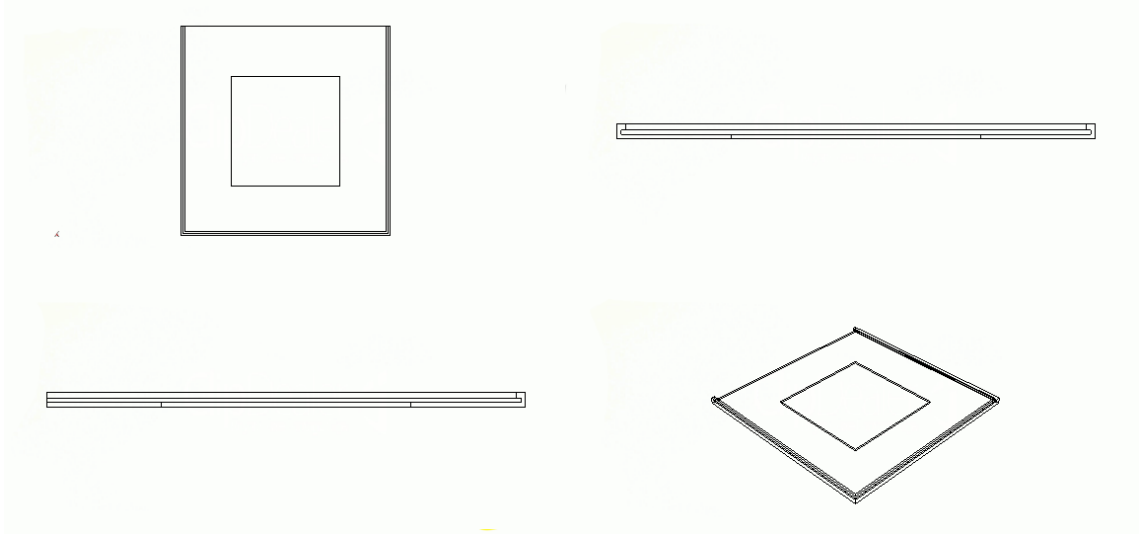
3.8.1. Elektronik tahta kasaının modellenmesi

Şekil 3.32’de 326 mm-26 mm-90 mm ölçülerinde dış yüzey, 320 mm-320 mm-85 mm ölçülerinde iç yüzey olarak tasarlanan elektronik hedef tahtasının üst kapak modeli gösterilmiştir. Ayrıca 185 mm-6 mm-3 mm ölçülerinde hedef kâğıdı girişi için ve 69 mm-5 mm-3 mm ölçülerinde kablo bağlantıları çıkışı için boşluklar bırakılmıştır.



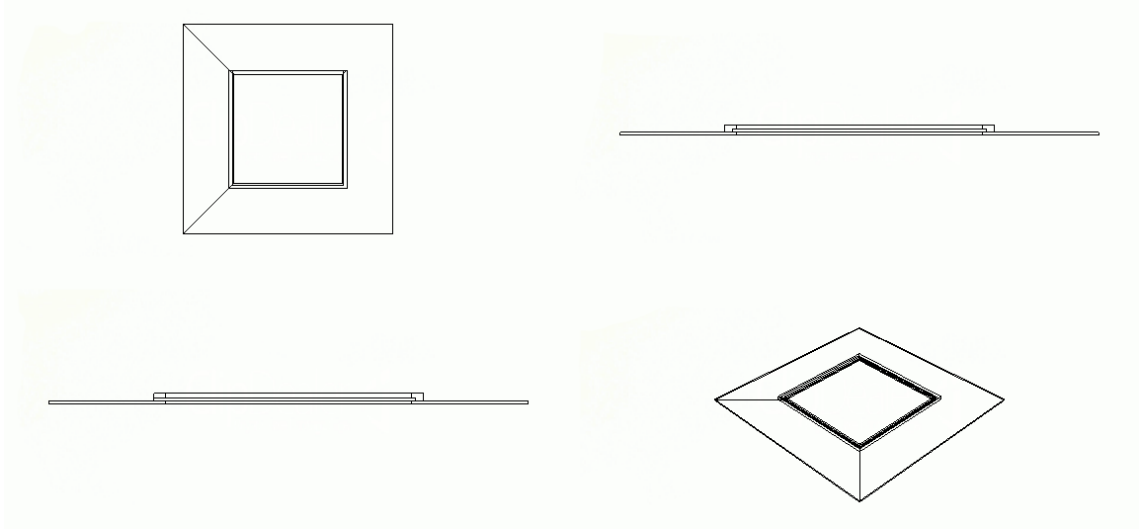
Şekil 3.32. Elektronik hedef tahtası üst kapak tasarımı

Şekil 3.33’de 326 mm-326 mm-10 mm ölçülerinde dış yüzey, 323 mm-323 mm-4 mm ölçülerinde iç yüzey ve 320 mm-320 mm-3 mm ölçülerinde iç yüzeyin altında hedef tutucu için girinti olacak şekilde tasarlanan elektronik hedef tahtasının alt kapak modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Elektronik hedef tahtası alt kapak tasarımı

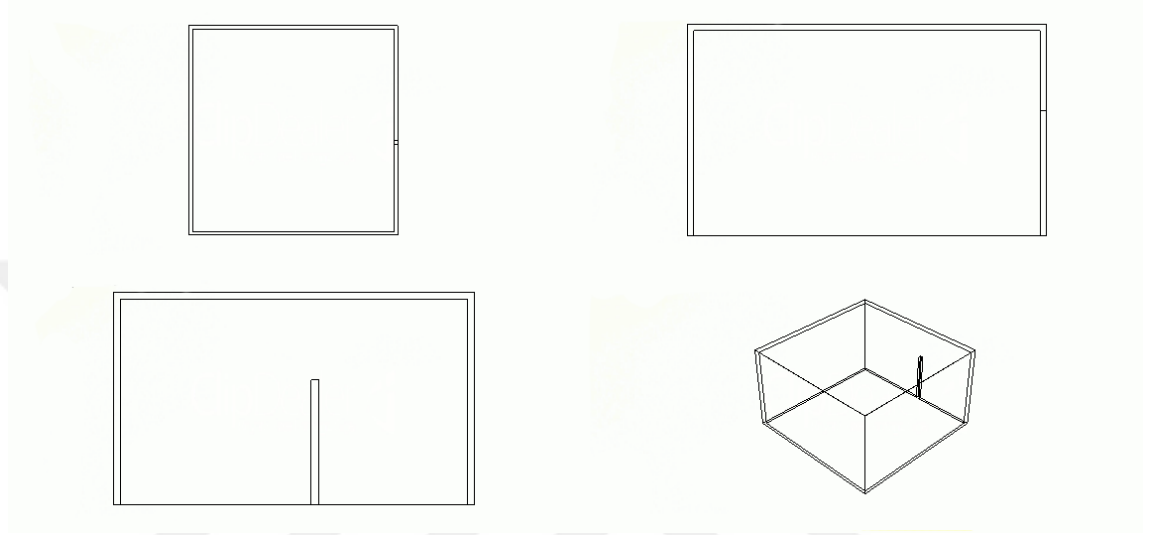
Şekil 3.34’de 320 mm-320 mm-2 mm ölçülerinde dış yüzey, 165 mm-165 mm-10 mm ölçülerinde iç yüzey, iç yüzeyden dış yüzeye doğru 185 mm-5 mm-8 mm ölçülerinde çıkıntı ve 3 mm-3 mm-3 mm ölçülerinde çıkıntının içine hedef kâğıdı girecek şekilde bir oyuk tasarlanarak elektronik hedef tahtasının hedef kâğıt tutucusu modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Hedef kâğıdı tutucu tasarımı

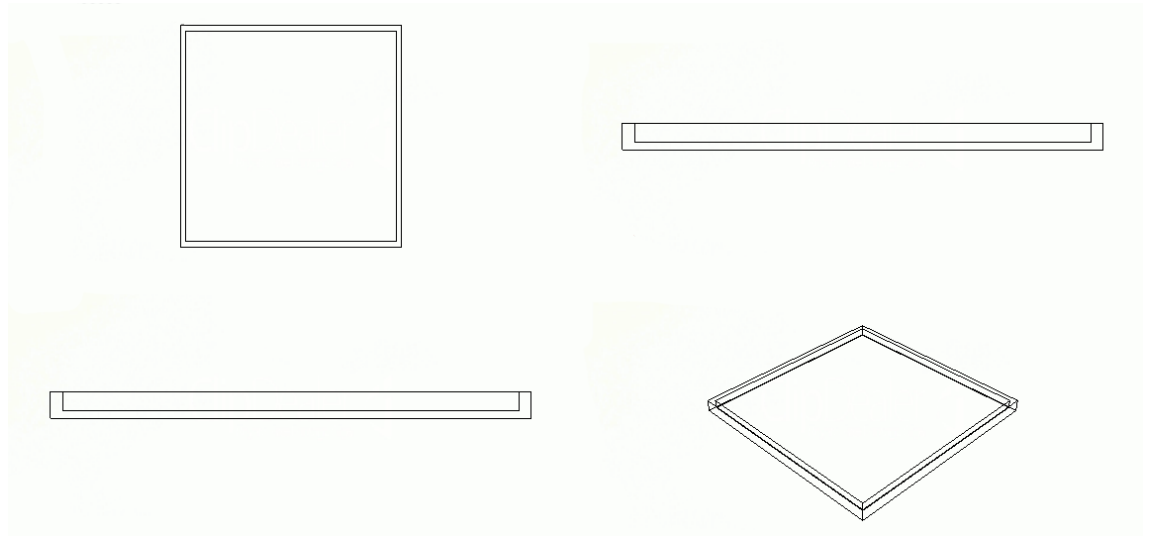
3.8.2. Elektronik devre kasaının modellenmesi

Şekil 3.35’de 170 mm-170 mm-100 mm ölçülerinde dış yüzey, 167 mm-167 mm-94 mm ölçülerinde iç yüzey olarak tasarlanan elektronik devre için üst kapak tasarım modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.35. Elektronik devre üst kapak tasarımı

Şekil 3.36’da 180 mm-180 mm-10 mm dış yüzey ve 172 mm-172 mm-7 mm iç yüzey ölçülerinde tasarlanan elektronik devre için alt kapak tasarım modeli gösterilmiştir.

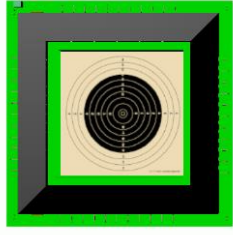


Şekil 3.36. Elektronik devre alt kapak tasarımı

3.9. Dijital Hedef Sisteminin Üretimi

Dijital hedef sisteminde giriş birimi olarak elektronik hedef tahtası, kontrol birimi olarak Arduino Mega mikro denetleyicisi ve çıkış birimi olarak da bilgisayar kullanılmıştır (Şekil 3.37).

Giriş Birimi



Elektronik hedef tahtası

Kontrol Birimi



Arduino Mega

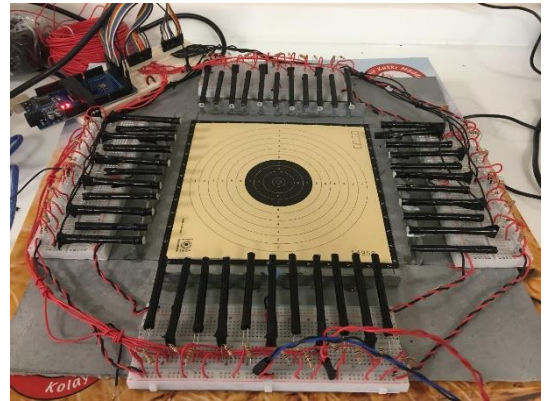
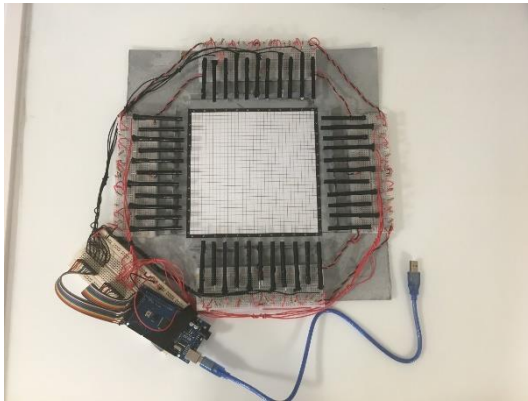
Çıkış Birimi



Bilgisayar

Şekil 3.37. Dijital hedef sistemi birimleri

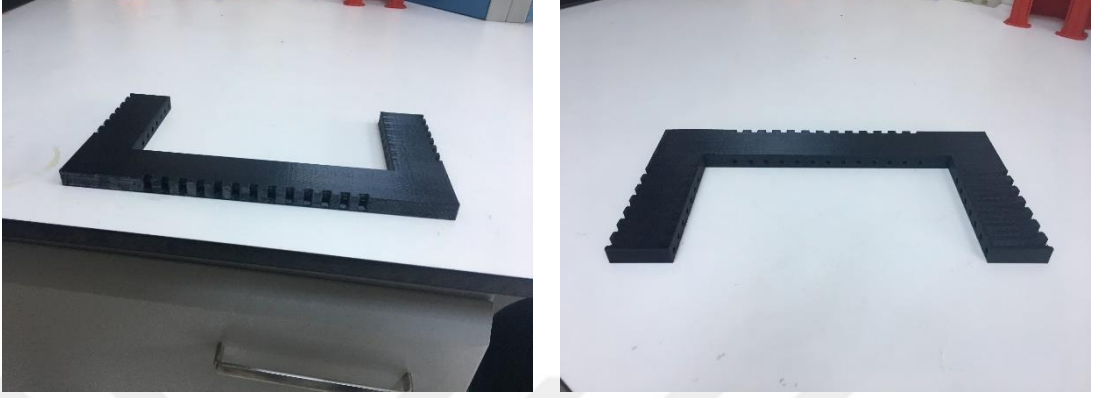
Hem kızılötesi LED, hem de fotodiyot siyah renk ile kaplanmış bir pipete siyah izole bant yardımıyla monte edilerek diğer devre elemanlarıyla birlikte breadboardlar üzerinde devre kurulumu yapılmıştır(Şekil 3.38). Arduino Mega mikro denetleyicisine yazılım yüklenerek denemeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçların olumlu olduğu görüldükten sonra elektronik hedef sisteminin tasarımına başlanmıştır.



Şekil 3.38. Elektronik hedef tahtası için breadboard kullanılarak siyaha boyanmış pipetlerle yapılan tasarımlar

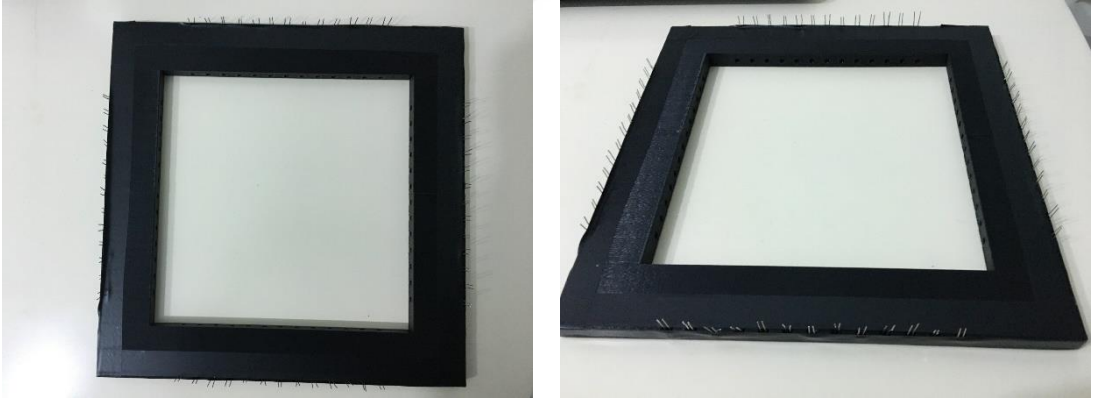
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Daha önce üç kat için ayrı ayrı tasarlanan modellerin Raise Pro marka 3D yazıcıyla baskısı gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.39’da birinci kat için üretilen filtre modeli gösterilmiştir.



Şekil 3.39. Modellenen filtrenin 3D yazıcı ile üretiminin gerçekleştirilmesi

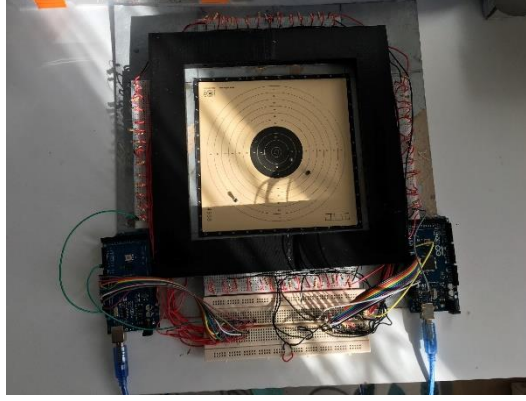
Üretimi yapılan modellere fotodiyotların ve kızılötesi LED’lerin montajı yapılmıştır (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. Üretilen filtre modeline malzemelerin yerleştirilmesi

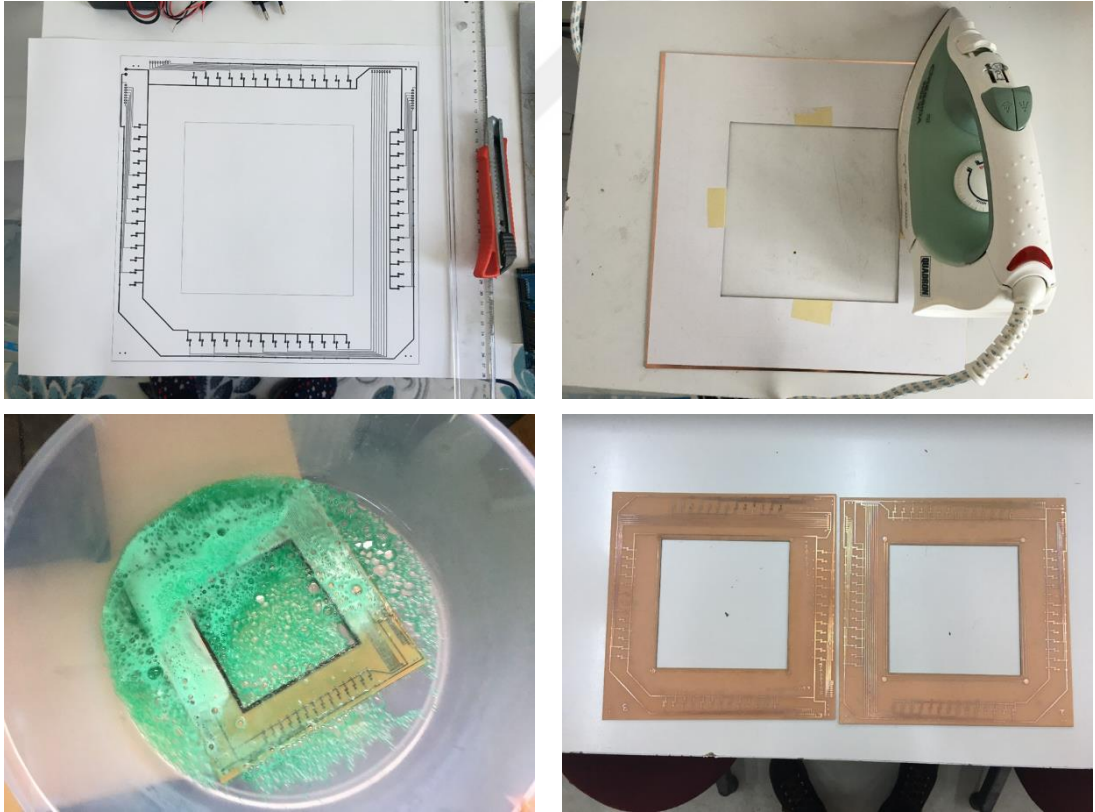
Malzemelerin montajı yapılan filtre, breadboardlar üzerine yerleştirilerek denemeler yapılmıştır. Uygulama Şekil 3.41’de gösterilmiştir. Jumper kablolarının gürültüden etkilendiği tespit edilmiş ve bunların yerine baskı devre montajında flat kablo kullanılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM



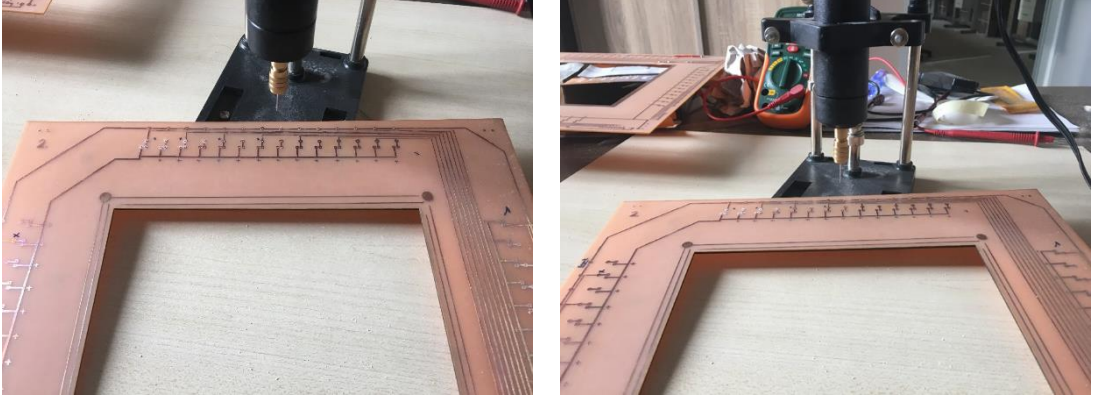
Şekil 3.41. Üretilen filtrenin breadboard üzerinde denemesi

Daha önce Proteus programında çizilen baskı devreler kuşe kâğıda çıktı alınarak ütü yöntemiyle kuşe kâğıttaki toner kısım bakır plakete aktarılmıştır. Ardından plaketin bakırı, tuz ruhu perhidrol karışımıyla eritilerek işlem tamamlanmıştır. Bu işlemler Şekil 3.42’de gösterilmiştir.



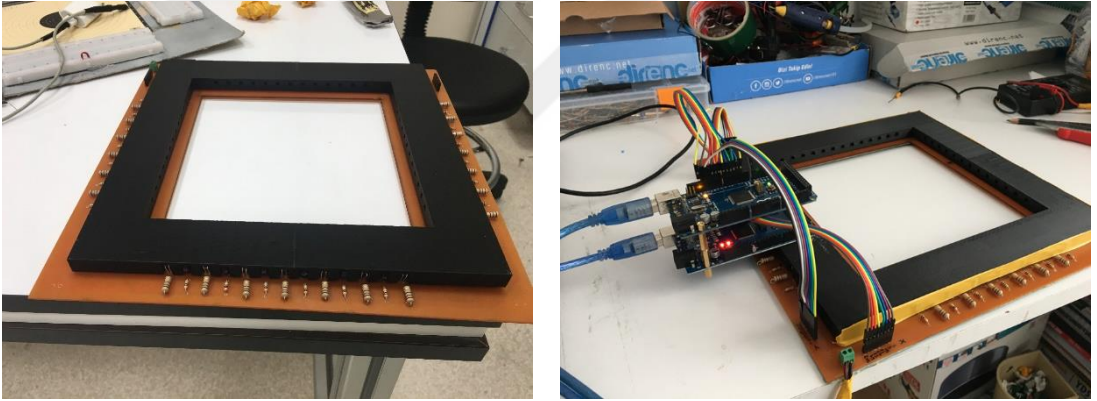
Şekil 3.42. Baskı devrenin çıkarılması

Daha sonra plakette delinmesi gereken yerler dc motor ve tığ yardımıyla Şekil 3.43’de gösterildiği gibi delinmiştir.



Şekil 3.43. Baskı devresi yapılmış devrede deliklerin açılması

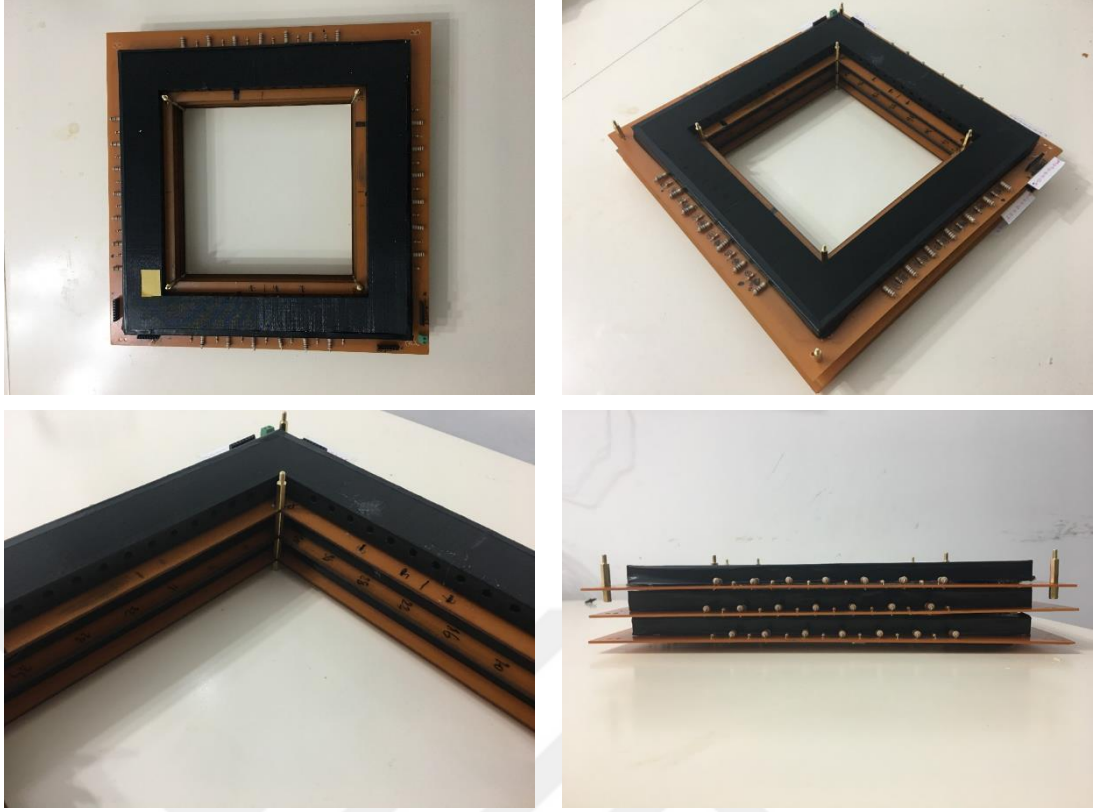
Filtre modeli, bakır plakete yerleştirilerek malzemeler üretici firma tarafından verilen havya sıcaklıkları dikkate alınarak devreye lehimlenmiştir. Kızılötesi LED'in ve fotodiyotun statik elektrikle bozulmasını önlemek için eldiven kullanılmıştır. Elde edilen ürün üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu işlemler Şekil 3.44' de gösterilmiştir.



Şekil 3.44. Baskı devrenin filtre tasarımına monte edilmesi ve mikro denetleyici ile kontrolünün gösterimi

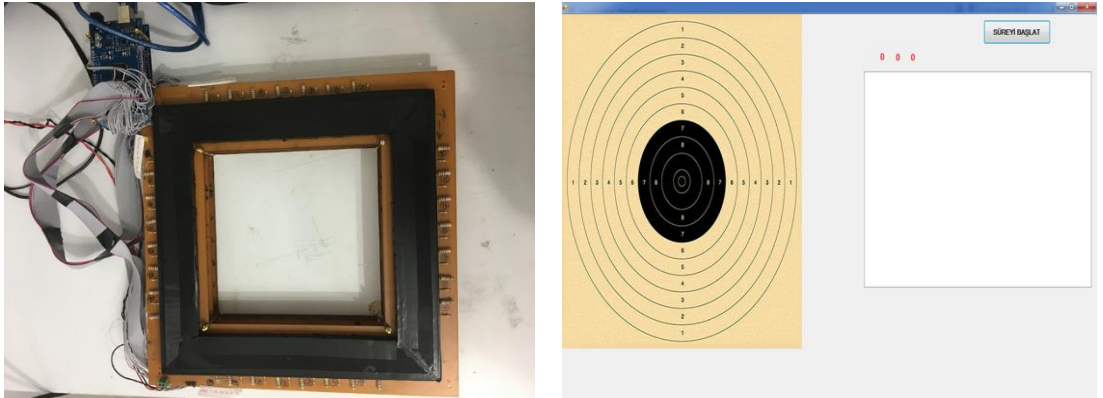
Ayrı ayrı üretilen üç elektronik devre metal distans vidalar ile birleştirilerek elektronik hedef tahtası elde edilmiştir. Elektronik hedef tahtasıyla ilgili görseller Şekil 3.45'de gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.45. Üç ayrı devrenin metal distans vidalar ile üst üste birleştirilmesi

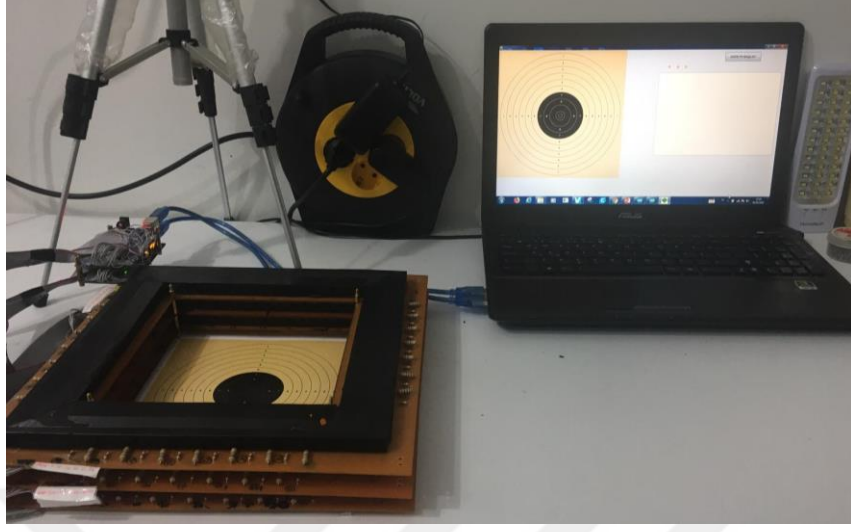
Elektronik hedef tahtasının üretimi yapıldıktan sonra Arduino Mega mikro denetleyicilere daha önce bilgileri verilen yazılım yüklenerek x ve y koordinat değeri USB port üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Visual Studio programıyla elde edilen bilgiler görselleştirilerek bir merminin veya nesnenin konumu, konumuna göre puanı ve merminin hedeften geçiş süresi verilerinin bulunacağı form ile ilgili görseller ve hedef tahtası Şekil 3.46’da gösterilmiştir.



Şekil 3.46. Üretilen hedef tahtasının ve bilgisayardaki çıktının gösterimi

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Üretilen dijital hedef sistemi genel olarak Şekil 3.47’de gösterilmiştir.

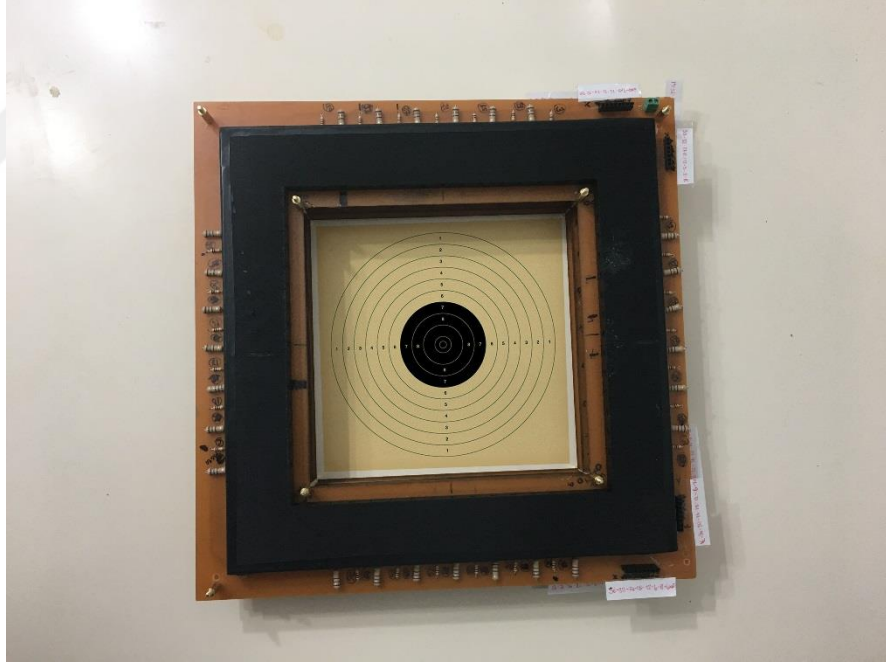


Şekil 3.47. Genel olarak dijital hedef sisteminin gösterimi

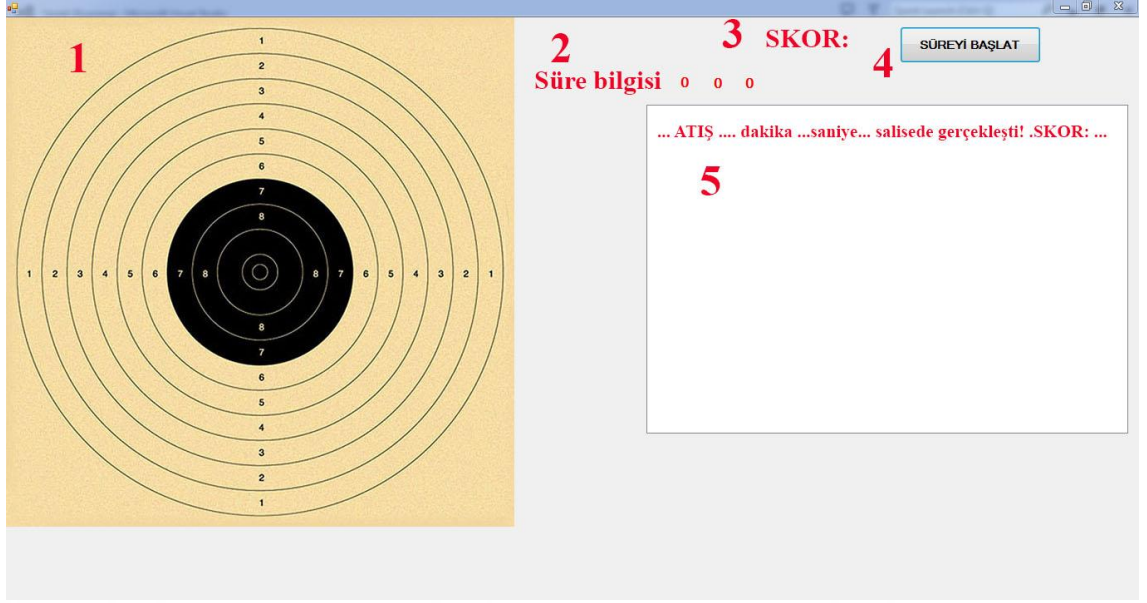
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Hedeflerin Karşılaştırmasının G6sterimi

Bu b6l6mde, 6retimi yapılan dijital hedef sisteminde bulunan elektronik tahtanın i7indeki hedef kâĝıdının belli bir lokasyonuna bir cisimle dokunulduĝunda elde edilen koordinat bilgilerinin merkezden uzaklıĝının 6l76lmesi g6sterilmiŐtir (Şekil 4.1). Bir cisim ile dokunulan hedef lokasyonu i7in mikro denetleyici ile koordinat bilgileri bilgisayara aktarılmıştır. Bilgiler bilgisayarda Visual Studio programıyla basit bir algoritma ve matematik model yardımı eŐliĝinde sanal bir hedef kâĝıdında g6rselleŐtirilerek elde edilen koordinat bilgilerinin merkezden uzaklıĝı 6l76lerek hesaplanmıştır. Ger7ek hedeften elde edilen merkezden uzaklık ile sanal hedeften elde edilen merkezden uzaklık bilgileri karŐılaŐtırılmıŐ ve hata miktarları belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Hedef tahtasının ve ger7ek hedef kâĝıdının g6sterimi

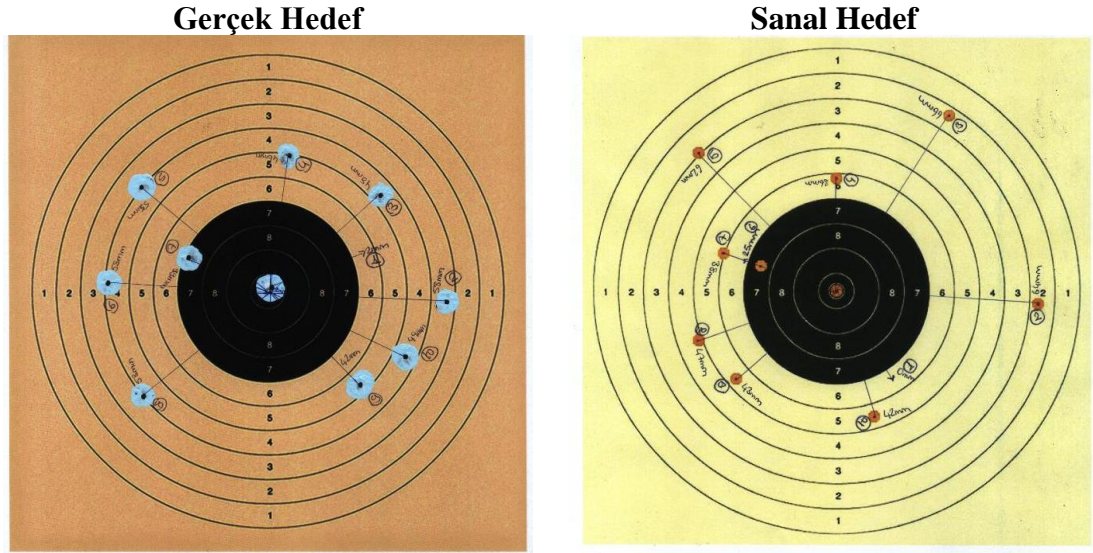


Şekil 4.2. Sanal hedefin ve gerekli bilgilerin gösterildiği Windows penceresi

Visual Studio programında tasarlanan Windows penceresinde (Şekil 4.2) bulunan bölümler aşağıda açıklanmıştır.

- 1 numara ile gösterilen bölümde 620 px-620 px ölçülerinde hedef kâğıdı yer almaktadır. Hedef tahtasından gelen koordinat bilgilerini 4 milimetre çapında kırmızı renkte bir daire şeklinde görmemizi sağlar.
- 2 numaralı bölüm, sürenin başlatılmasıyla birlikte anlık süre bilgisini görmemizi sağlar.
- 3 numaralı bölüm, sanal hedefte bulunan kırmızı dairenin bulunduğu konumu puan olarak hesaplayarak görmemizi sağlar.
- 4 numaralı bölümde, 2 numaralı bölümde belirtilen anlık süre bilgisinin başlatılmasını sağlayan buton yer almaktadır.
- 5 numaralı bölüm, bir nesnenin veya merminin hedef kâğıdından geçtiğinde kaçınıcı geçişin olduğunu, geçişin süre bilgilerini ve son olarak skor bilgilerini görmemizi sağlar.

Şekil 4.3’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.1’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 -7 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 3,1 milimetre olarak hesaplanmıştır.

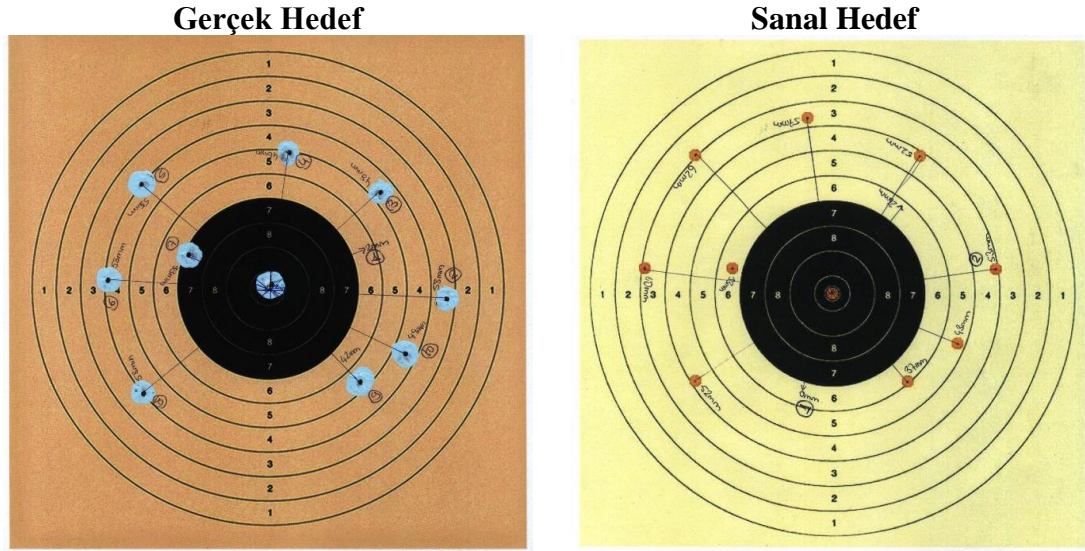


Şekil 4.3. Birinci uygulamada elde edilen sonuçlar

Çizelge 4.1. Birinci uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	4	0	4
2	70	64	6
3	66	66	0
4	37	36	1
5	62	62	0
6	20	25	5
7	36	38	2
8	40	47	7
9	39	43	4
10	40	42	2
Ortalama Hata			3.1

Şekil 4.4’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.2’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 -6 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 4,5 milimetre olarak hesaplanmıştır.

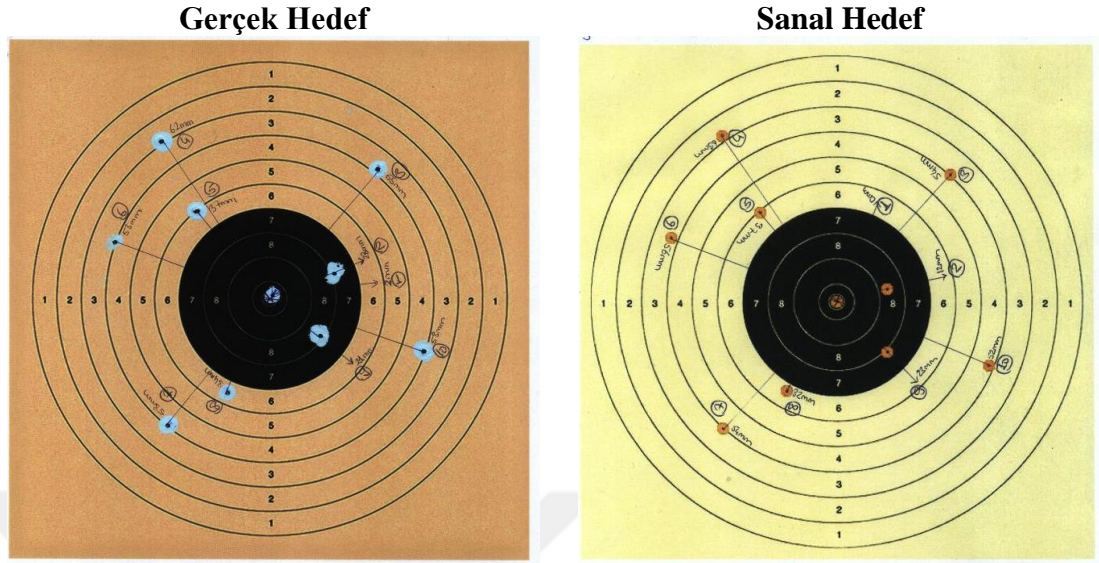


Şekil 4.4. İkinci uygulamada elde edilen sonuçlar

Çizelge 4.2. İkinci uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	2	0	2
2	53	53	0
3	48	52	4
4	46	57	7
5	55	62	7
6	53	60	7
7	39	33	6
8	53	52	1
9	42	37	5
10	49	43	6
Ortalama Hata			4.5

Şekil 4.5’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.3’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 - 4 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 1,7 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. Üçüncü uygulamada elde edilen sonuçlar

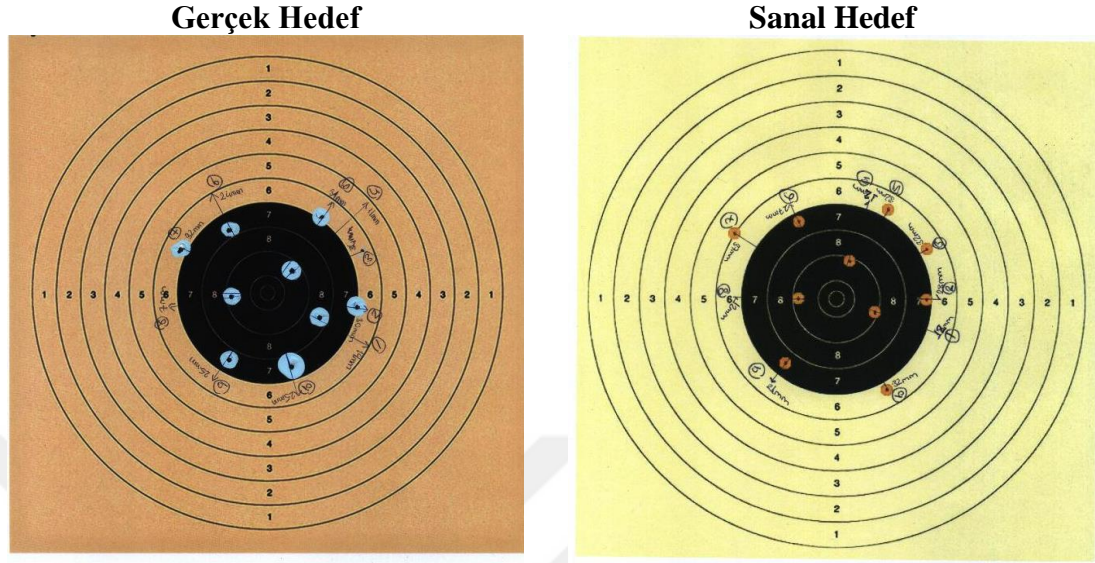
Çizelge 4.3. Üçüncü uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	2	0	2
2	22	17	4
3	55	54	1
4	62	63	1
5	37	37	0
6	53	56	3
7	53	54	1
8	34	32	2
9	21	23	2
10	53	52	1
Ortalama Hata			1.7

Şekil 4.6’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.4’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 -6 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 3,1 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. Dördüncü uygulamada elde edilen sonuçlar

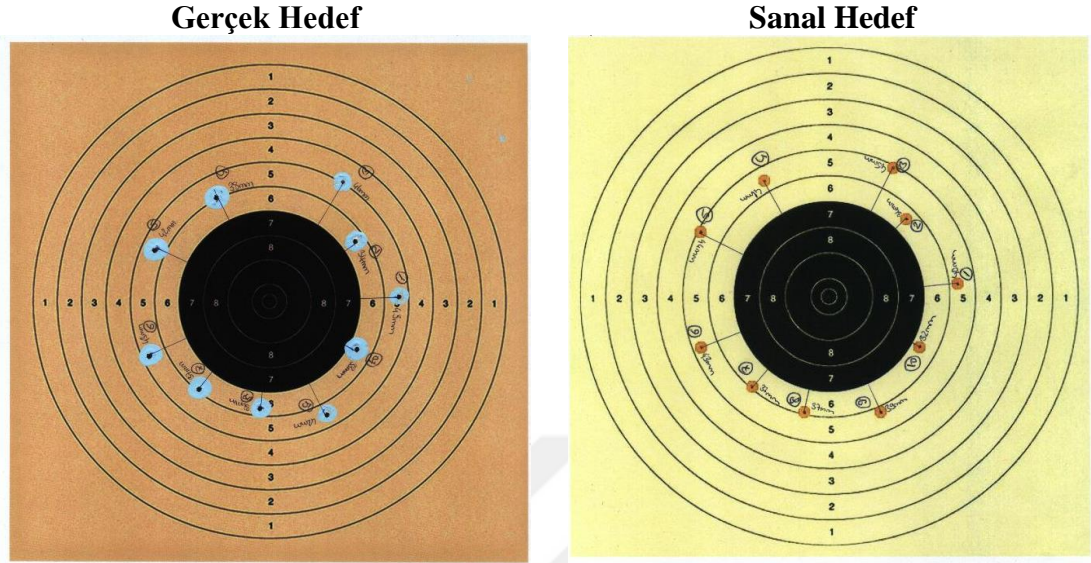
Çizelge 4.4. Dördüncü uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	19	13	6
2	30	28	2
3	34	32	2
4	11	12	1
5	31	32	1
6	24	27	3
7	32	37	5
8	12	12	0
9	25	21	4
10	25	32	7
Ortalama Hata			3.1

Şekil 4.7’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.2’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 -3 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 1,4 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Beşinci uygulamada elde edilen sonuçlar

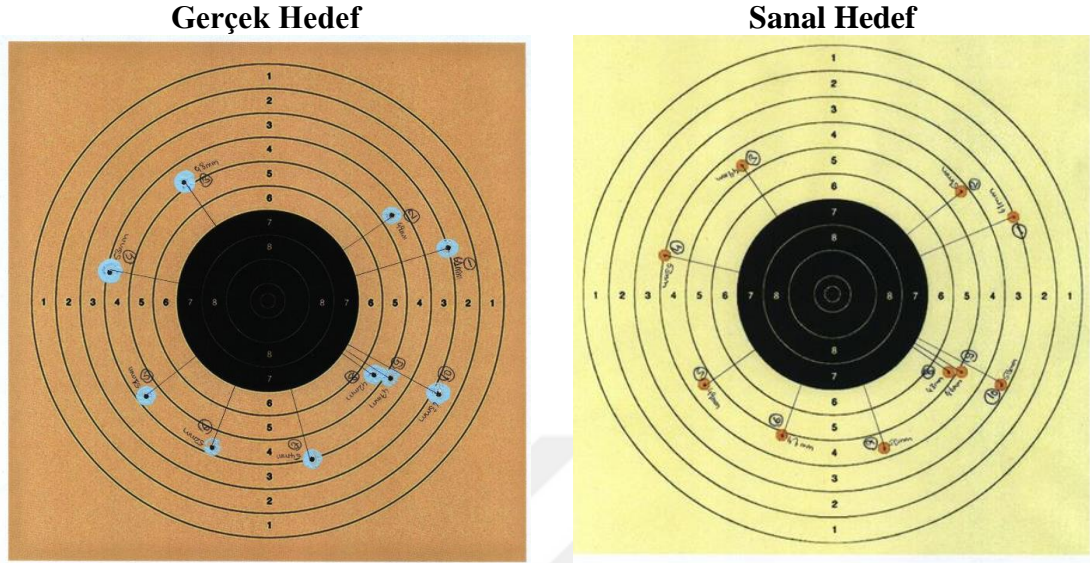
Çizelge 4.5. Beşinci uygulamada elde edilen veriler

Atış Numara	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	43	40	3
2	34	34	0
3	46	45	1
4	38	41	3
5	42	44	2
6	43	43	0
7	37	37	0
8	36	37	1
9	42	39	3
10	33	32	1
Ortalama Hata			1.4

Şekil 4.8’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.6’da ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 - 4 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 2 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Altıncı uygulamada elde edilen sonuçlar

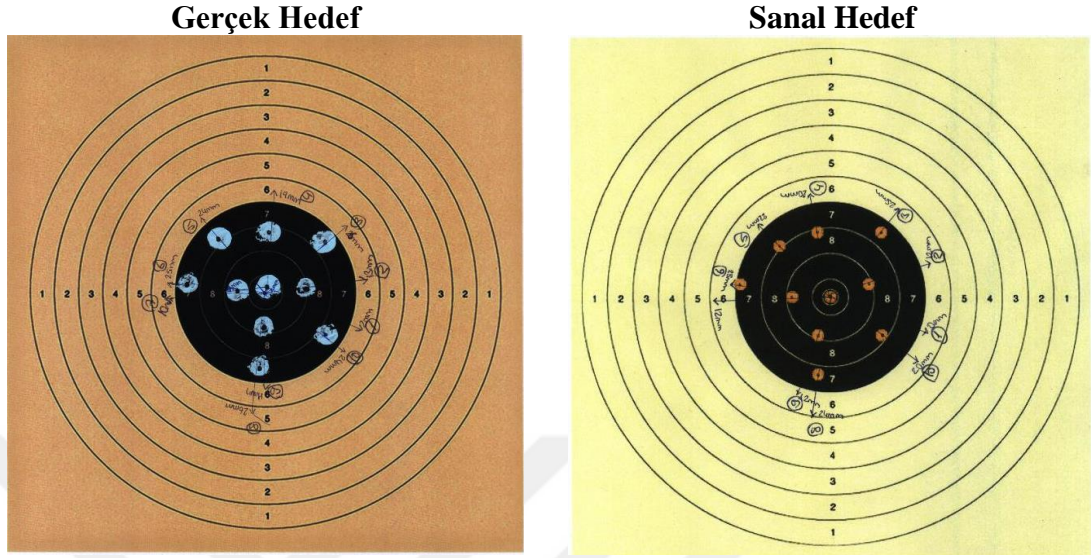
Çizelge 4.6. Altıncı uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	61	61	0
2	49	51	2
3	48	49	1
4	53	53	0
5	51	49	2
6	52	47	5
7	54	50	4
8	42	43	1
9	47	46	1
10	63	59	4
Ortalama Hata			2

Şekil 4.9'da hedef kağıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.7'de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 - 4 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 2,8 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.9. Yedinci uygulamada elde edilen sonuçlar

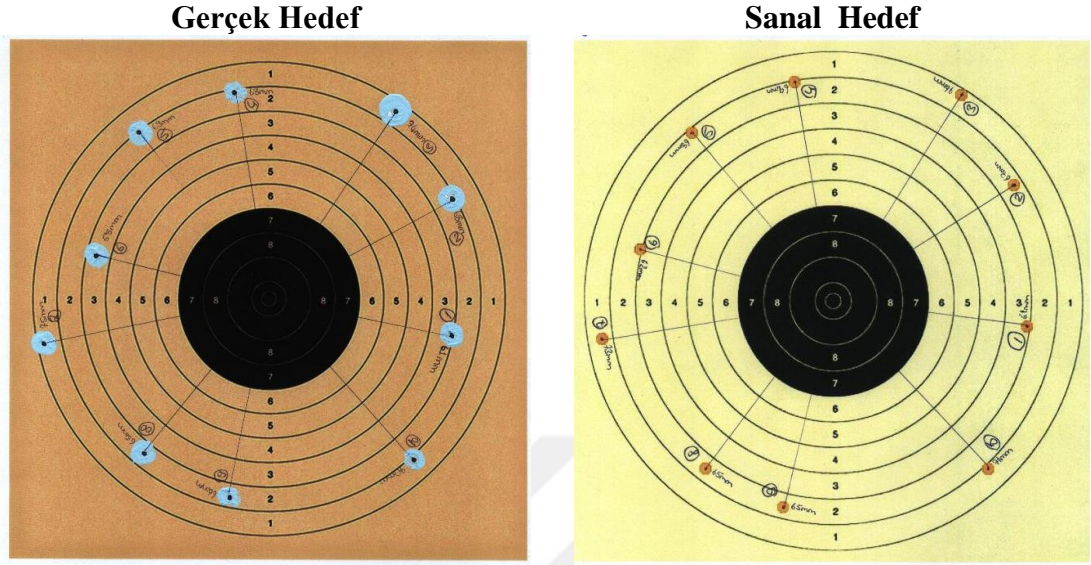
Çizelge 4.7. Yedinci uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	2	0	2
2	13	12	1
3	26	25	1
4	19	20	1
5	24	22	2
6	25	28	3
7	10	12	2
8	26	24	2
9	11	12	1
10	24	20	4
Ortalama Hata			2.8

Şekil 4.10'de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.8'de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 - 4 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 1,3 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. Sekizinci uygulamada elde edilen sonuçlar

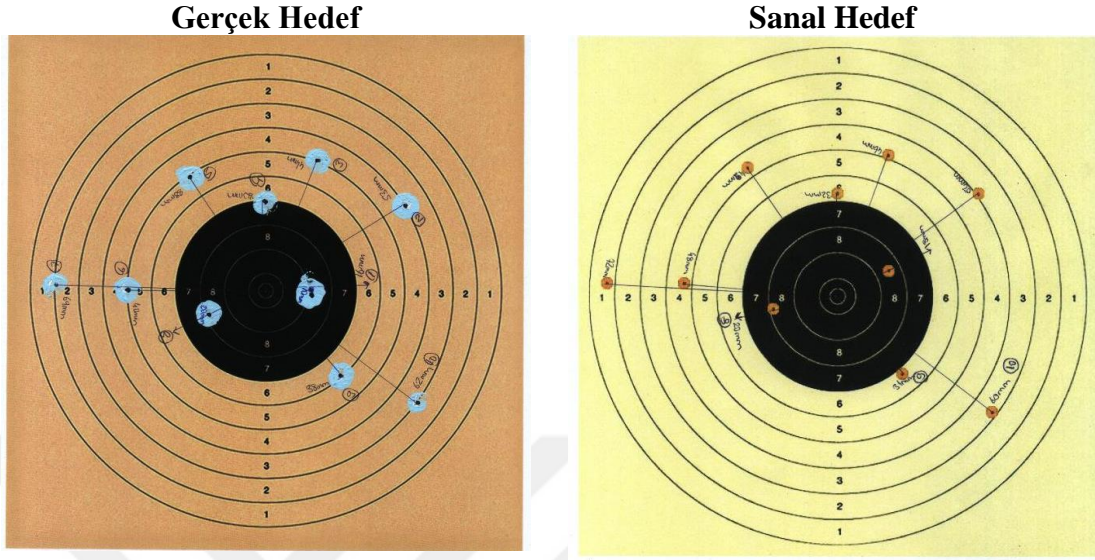
Çizelge 4.8. Sekizinci uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	61	61	0
2	68	67	1
3	74	76	2
4	68	69	1
5	69	68	1
6	58	62	4
7	75	73	2
8	65	65	0
9	66	65	1
10	70	71	1
Ortalama hata			1.3

Şekil 4.11’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.9’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 – 5 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 2,2 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. Dokuzuncu uygulamada elde edilen sonuçlar

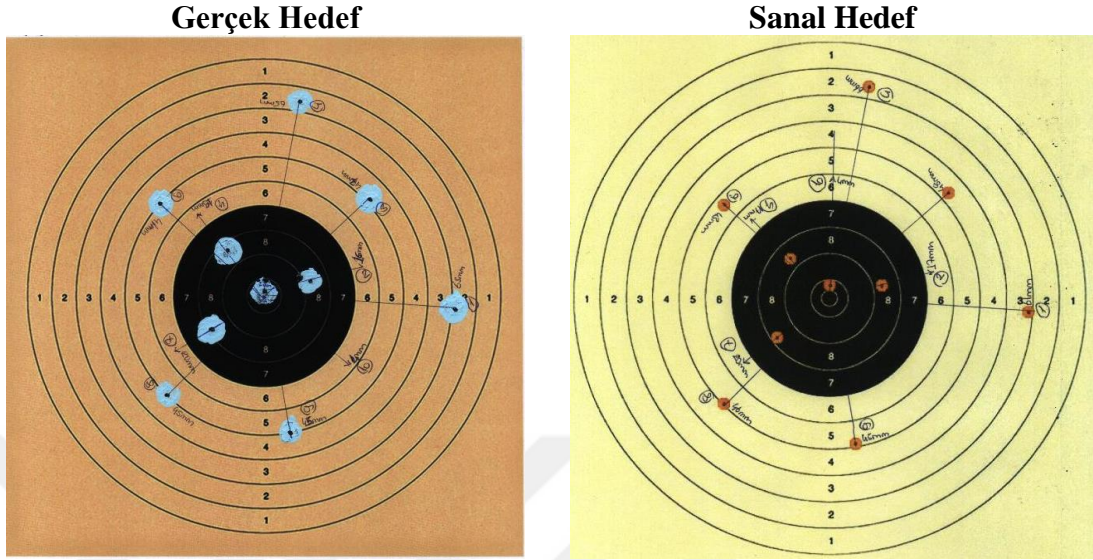
Çizelge 4.9. Dokuzuncu uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	16	18	2
2	53	54	1
3	41	46	5
4	30	32	2
5	45	45	0
6	46	48	2
7	69	72	3
8	20	20	0
9	37	32	5
10	62	60	2
Ortalama Hata			2.2

Şekil 4.12’de hedef kâğıtları üzerinde ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.10’de ise her iki hedef için atışın merkezden uzaklıkları karşılaştırılarak hata miktarları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

belirlenmiştir. Elde edilen hata miktarları 0 -2 milimetre arasında bulunmuş ve ortalama hata 1,9 milimetre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.12. Onuncu uygulamada elde edilen sonuçlar

Çizelge 4.10. Onuncu uygulamada elde edilen veriler

Atış Numarası	Gerçek Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Sanal Hedefin Merkezden Uzaklığı (Milimetre)	Hata Miktarı (Milimetre)
1	63	61	2
2	16	17	1
3	47	48	1
4	65	66	1
5	19	17	2
6	41	43	2
7	20	20	0
8	45	46	1
9	45	45	0
10	4	4	0
Ortalama Hata			1.9

Yapılan bu uygulamalarda bir nesne hedef tahtasına düştüğünde hedef tahtası içerisindeki gerçek hedef kâğıdı ve bir algoritma ile geliştirilen sanal bir hedef kâğıdı

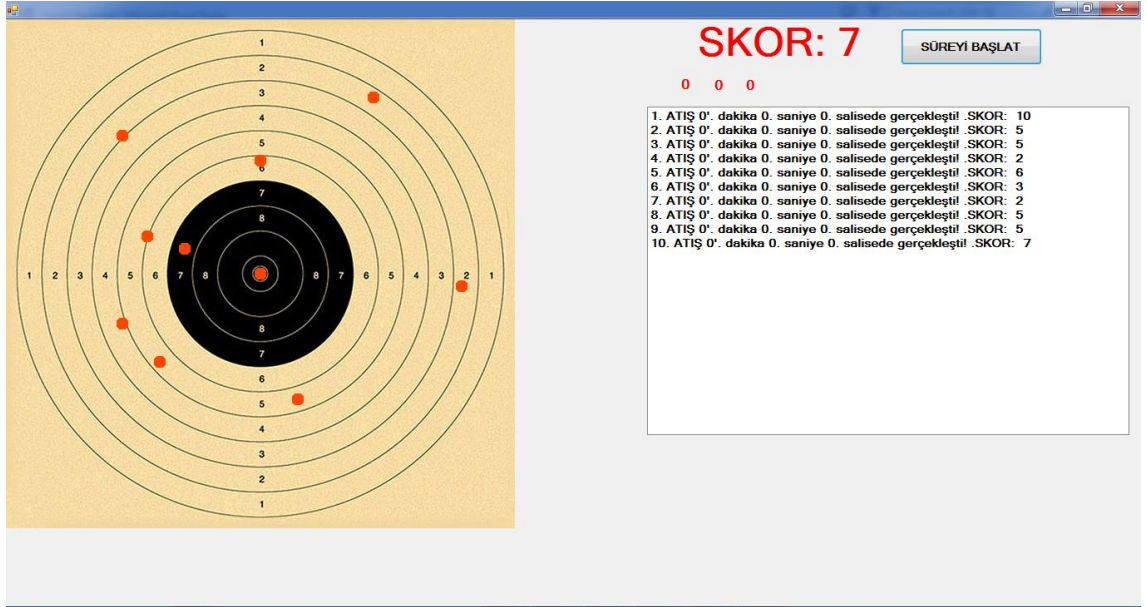
üzerine düşen izin mevcut teknik ve imkânlarla doğruluk parametresi ölçölerek tahmin edilmiştir.

Sonuća tüm uygulamalar incelendiğinde 1,3 - 4,5 milimetre arasında ortalama hata miktarı görölmüőtür. Lokasyon belirlenirken kullanılan hedef tahtasındaki her bir koordinat değer 4 milimetredir. Bu sebeple ölçölen hata miktarlarının çözünlölüğün 4 milimetre olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

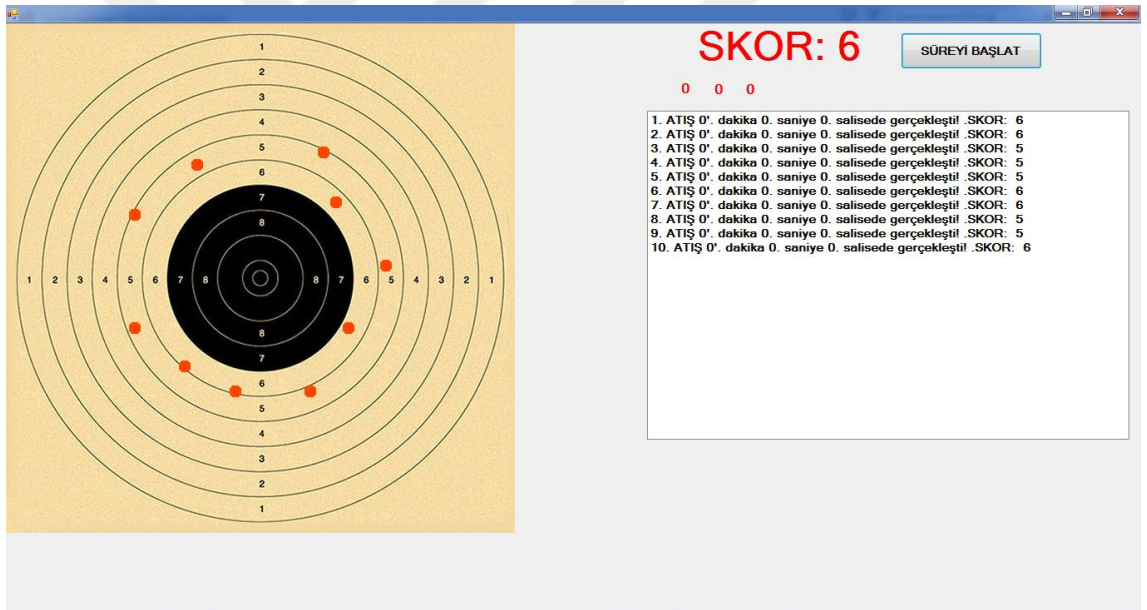
4.2. Skor Doğruluğunun Gösterimi

Basit bir algoritma ve matematik ile Visual Studio programı kullanılarak hedef tahtasından bir nesne geçtiğinde nesnenin koordinat bilgilerine göre Windows formda sanal hedef üzerinde 4 milimetre çapında kırmızı renkte daire Şeklinde bir iz bırakır.

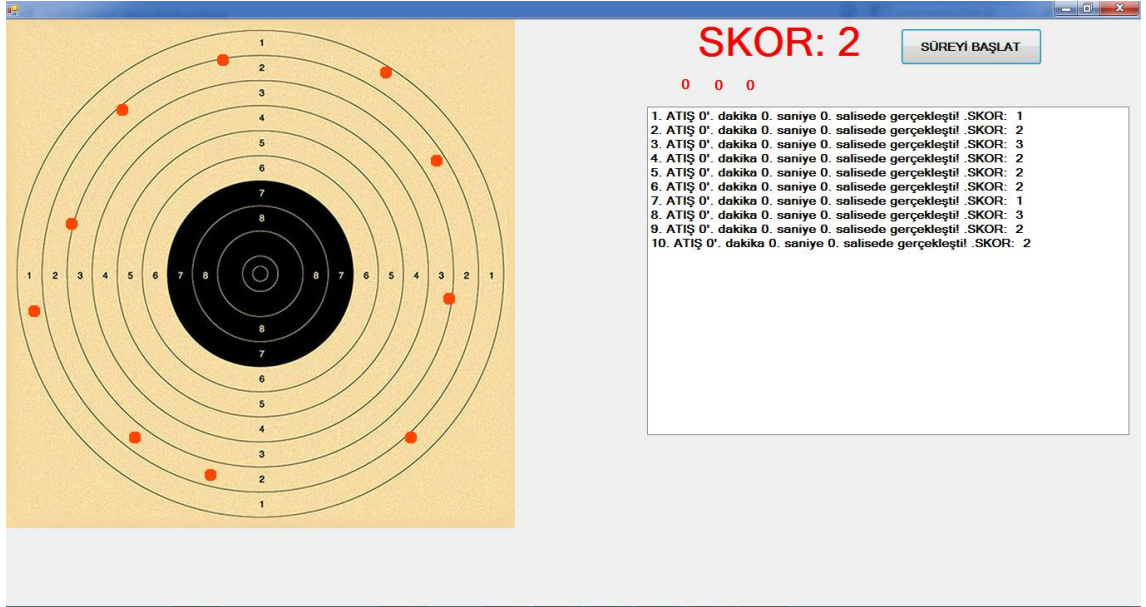
Sanal hedef resmi 11 tane çemberden oluşmaktadır. Bunların 8 tanesi 1'den 8'e kadar rakamla numaralandırılmıŐ ve 3 tanesi numaralandırılmamıŐtır. Bu numaralandırılmayan çemberlerden geniş olan çember 9 rakamını dar olan iki çember ise 10 rakamlarını temsil etmektedir. ISSF tarafından belirlenen çember çap ölçölerine göre rakamlar yerleştirilmiş ve her rakamın temsil ettiği bölgeye dairesel iz düştüğünde puanlama yapılmıştır. Ayrıca çemberlerin alt çizgilerine dairesel iz düştüğünde çizginin üstündeki rakama göre puanlama yapılmıştır. Elde edilen bu bilgiler eŐliđinde aŐađdaki uygulamalar yapılmıştır.



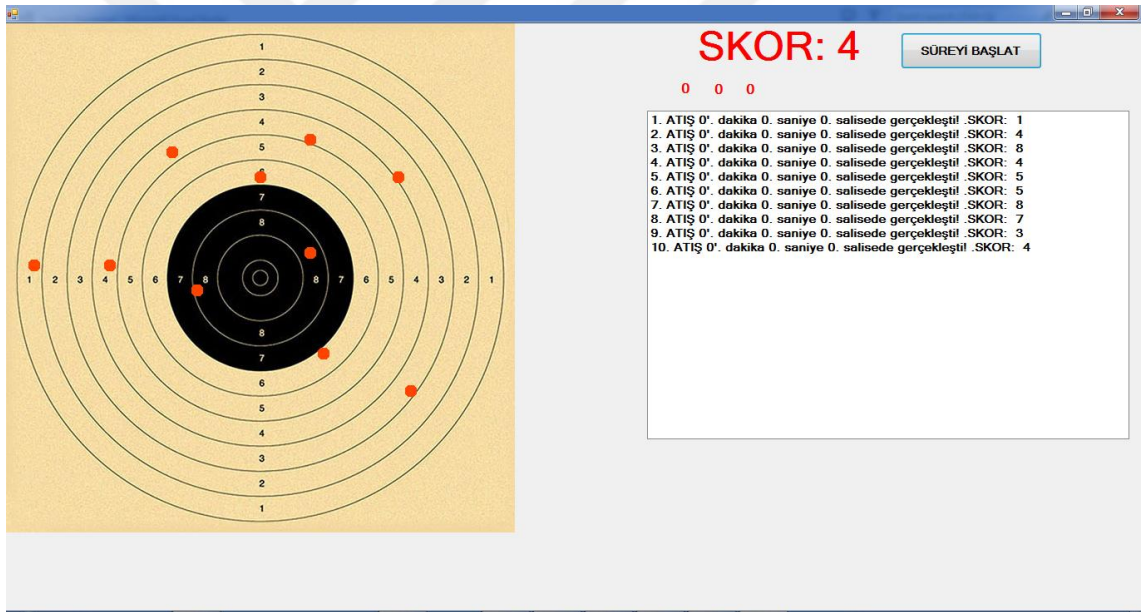
Şekil 4.13. Birinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar



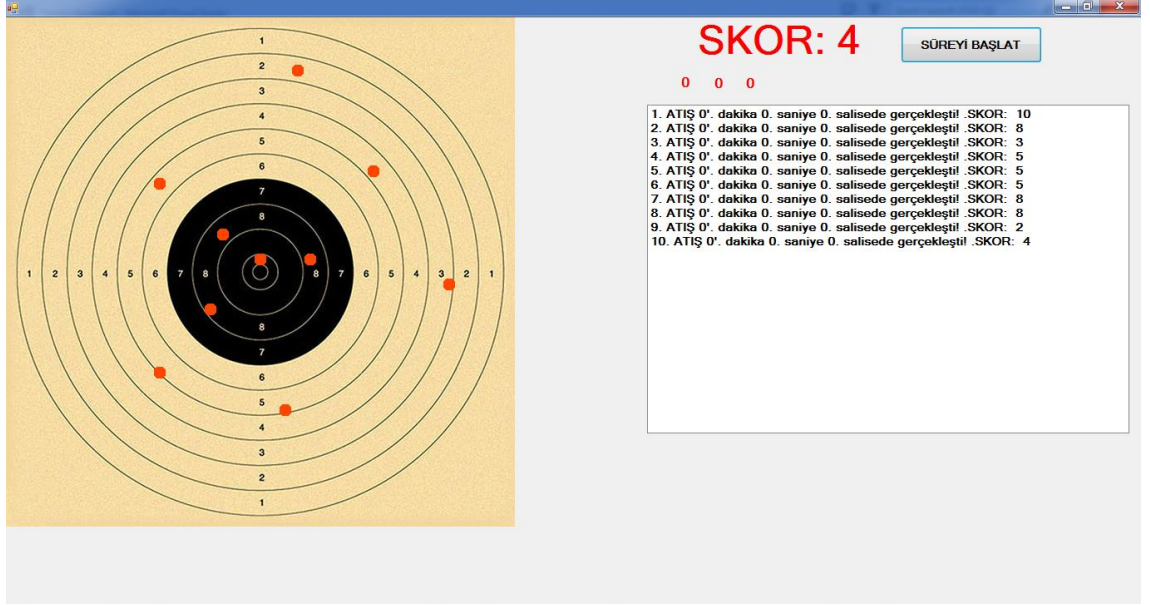
Şekil 4.14. İkinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar



Şekil 4.15. Üçüncü uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar



Şekil 4.16. Dördüncü uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar



Şekil 4.17. Beşinci uygulamada skor hesaplamayla ilgili elde edilen sonuçlar

Yukarıdaki uygulamalarda sanal hedef kâğıdı üzerindeki dairesel izin puanlamasının doğruluğu incelenmiştir. Kullanılan algoritma ve matematik modele göre yapılan puanlamanın mevcut teknik ve imkânlarla incelendiğinde hatalı olmadığı görülmüştür.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında çok sayıda kızılötesi alıcı verici sensörler birbirine odaklanarak bir hedef alanının taranması amaçlanmıştır. Siyah cismin soğurma özelliği sayesinde alıcı sensör olarak kullanılan fotodiyotun farklı dalgaboyundaki ışıklardan etkilenmesini önlemek ve kızılötesi alıcı/verici sensörlerin görüş açısını daraltarak sıralı halde bir alanı tararken bir birine olan etkisini azaltmak için özgün bir model tasarlanmıştır. Elde edilen bu model ile taranan alanda bulunan bir nesnenin koordinatlarının anahtarlama bilgisi elde edilmiştir. Bu bilgiler bir mikro denetleyici ile dikey ve yatay koordinat bilgileri olarak bilgisayara aktarılmıştır. Basit bir matematik ve algoritmayla hedef alanında bulunan nesnenin konum, puanlama ve süre bilgileri görselleştirilmiştir. Sonuçta gerçekte bir nesnenin veya merminin hedef kâğıdı üzerindeki bilgilerinin sanal bir ortamda görüntülenebileceği görülmüştür. Tüm bu işlemler gerçek zamanlı olarak denenmiş ve üretimi yapılarak bir dijital hedef sistemi ortaya çıkmıştır.

Çalışmadan elde edilen dijital hedef sisteminin avantajlarının ve dezavantajlarının olduğu görülmüştür. Avantajlardan biri şudur: Yapılan uygulamalarda hedef tahtasının ortasında bulunan hedef kâğıdı, doğruluk parametrelerini ölçmek için kullanılmıştır. Ancak eğitimlerde hedef kâğıdı kullanımına gerek kalmadığından hem hedef kâğıdı maliyeti ortadan kalkmış hem de çevreci bir yaklaşım sergilenmiş olacaktır. Bir diğer avantajı ise havalı tabanca atıcılık organizasyonlarında kullanılan elektronik hedef sistemlerinin çok pahalı olduğu bilinmektedir ve elde ettiğimiz bu sistem düşük maliyette tasarlanan bir elektronik hedef sistemidir. Dezavantajı olarak, gerçek hedef kâğıdında elde edilen bilgilerle sanal hedef kâğıdında bulunan bilgiler arasında küçük bir hata miktarı görülmüştür.

Yapılan bu tez çalışması sonucunda elde edilen dijital hedef sistemi, eğitim kurumlarında, özel güvenlik, polis ve askeri eğitim merkezlerinde kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Tasarladığımız bu sistemin doğruluğunu artırmak için hem kızılötesi verici hem de kızılötesi alıcı sensörde ışığı odaklamak için lens veya büyüteç kullanılırsa düşük maliyetlerde daha büyük bir alan taranabilecektir.

KAYNAKLAR

- Anonymous-Arduino Mega 2560 Rev3, 2020b. Web Sitesi: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>, Erişim Tarihi: 30.03.2020.
- Anonymous-Güneşin Elektromanyetik Spektrumu, 2016. Web Sitesi: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunesspectrumu.pdf>, Erişim Tarihi: 17.03.2020.
- Anonymous-Kızılötesi Led, 2015. Web Sitesi: <https://pdf.direnc.net/upload/sb-5010irb-verici-led-ir-5mm.pdf>, Erişim Tarihi: 12.10.2019.
- Anonymous-Silicon PIN Photodiode, 2011. Web Sitesi: <https://www.vishay.com/docs/81522/bpw41n.pdf>, Erişim Tarihi: 13.10.2019.
- Anonymous-Siyah, 2020a. Web Sitesi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Siyah>, Erişim Tarihi: 30.03.2020.
- Baughman, S. J. 1988. Electric target and display, United States Patent, No:4786058, 22.11.1988
- Crittenden, E., King, R., Andrews, T. 1973. Target measurement system for precise projectile location, United States Patent, No: 3727069, 10.04.1973.
- Çavaş, M. 2011. Nano yapılı metal oksit yarıiletkenler kullanılarak fotodiyotların üretilmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Eğitimi Anabilim Dalı, 146, Elazığ.
- Downing L. D. 1995. Targeting system, International application Published under the patent cooperation treaty (PTC), No: WO1995027881A1, 19.10.1995
- Dunham, J.V. 1944. Recordation of the Path of Movable Bodies, United States Patent Office, No: 2362473, 14.11.1944.
- Eldar, M. Led ışığının homejenliğinin araştırılması, 2017a. Web Sitesi: http://www.emo.org.tr/ekler/7532dbeff7ef901_ek.pdf, Erişim Tarihi: 28.03.2020.

- Eldar, M. Led – led sisteminin araştırılması ve uygulamaları, 2017b. Web Sitesi: <https://docplayer.biz.tr/44822831-Led-led-sisteminin-arastirilmesi-ve-uygulamalari.html>, Erişim Tarihi: 28.03. 2020.
- Electronic Target System HEXTA-002. Product description, 2015. Web Sitesi: <http://www.hexsystems.com.au/productdescription/>, Erişim Tarihi: 13.12.2019.
- Elite Scorer, 2013. Web Sitesi: <http://www.elitescorer.com/>, Erişim Tarihi: 14.12.2019
- Faith, D.L. 1984. Target Scoring System, United States Patent, No: 4427199, 24.01.1984.
- Faith, L.D. 1984. Target scoring system, United States Patent, No:4427199, 24.01.1984
- Fikes, W. J. Ziilling, F. A. Anderson, S. C. Zari, Ç. M. 2004. United States Patent, Target scoring system, No:6717684, 06.04.2004
- Finch, C. 1974. Indicating the passing of a projectile through an area in space, United States Patent, No:3807858, 30.04.1974
- Funk, K. F. Fowler, M. D. 1982. Initialization control for light beam position indicator, United States Patent, No:4313109, 26.01.1982
- Goodwin, W.M. Melsheimer, T. T. 1988. Target scoring and display system and method, United States Patent, No:4763903, 16.08.1988
- Goodwin, W.M. Melsheimer, T. T. 1990. Target scoring and display system, United States Patent, No:4949972, 21.08.1990
- Gündüz, B. 2007. Organik yarıiletken fotodiyotların hazırlanması ve opto elektronik özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 81, Elazığ.
- INTARSO–ESA-SQ17 Electronic Scoring System, 2016. Web Sitesi: https://www.intarso.de/images/intarso_datasheets/INTARSO_Datasheet-ESA-SQ17_2016-06.pdf, Erişim Tarihi: 14.12.2019.

International Shooting Sport Federation-Oficial Statutes Rules and Regulations, 2013.

Web sitesi:

<http://www.issfsports.org/documents/rules/2013/ISSFRuleBook2013-4thPrint-ENG.pdf>, Erişim Tarihi: 12.12.2019.

Ivarsson, N. 2016. Electronic Scoring System. Faculty of Health, Science and Technology, Computer Science, Degree Project for Master of Science in Engineering, Karlstads Universitet, Sweden.

Kaya, M. 2019. Havalı tabanca atışında tetik çekme esnasında kol salınımı ile göz hareketlerinin hedef vuruşuna etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, 52, İstanbul.

Kazakov. D. Gerasimov, V. 2014. Australian patent office, Projectile target system, No: AU 2014101039B4, 29.08.2014

Kelly, J. 2004. Gunpowder—Alchemy Bombards & Pyrotechnics: the History of the Explosive That Changed the World. Basic Books, 68, New York.

Klose, B.J: 1956. Electro-Responsive Target, United States Patent Office, No: 2767987, 23.01.1956.

MEGAlink–4k187, 2002. Web Sitesi: <http://www.edinkillie.co.uk/ecatalog/megalink-4k187-electronic-target-p-569.html>, Erişim Tarihi: 14.12.2019.

MEYTON–Measuring Principle, 2018. Web Sitesi: <http://www.meyton.info/en/measuring-principle/index.html>, Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Moreira, T.M.P.N. 2017. Sistema Automatico de Classificaçao de Alvos ISSF. Dissertaçao realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Oldham, W.G., Milnes, A.G. 1964. Interface states in abrupt semiconductor heterojunctions, Solid-State Electron, 7 (2), 153-165.

ORION–Frequently Asked Questions, 2019. Web Sitesi:
<http://www.orionscoringsystem.com/orion/FaqOrion.aspx>, Erişim
Tarihi:.15.12.2019.

Özden, Ş. 2005. Silikon P-İ-N diyotların elektriksel karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 121, Muğla.

Poirier, K. 1991. Shot pattern checker, United States Patent, No:5031920, 16.07.1991

Saleh, B. 1991. Fundamentals of photonics. John Wiley Publications, 30, Newyork.

Sarı, H. Yarıiletken Fiziği: Elektronik ve optik özellikler, 2008, Web Sitesi:
<http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr/hsari/bolum-11-yariiletkenler-1.pdf>,
25.03.2020.

SIUS - Electronic scoring systems–HS10, 2018. Web Sitesi:
https://sius.com/products/?product_cat=10-meter, Erişim Tarihi: 14.12.2019.

SIUS - Electronic scoring systems-LS10, 2018. Web Sitesi:
https://sius.com/products/?product_cat=10-meter, Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Silver Mountain Targets V2 Software Reference Guide, 2015. Web Sitesi:
[http://www.silvermountaintargets.com/uploads/6/3/4/4/63444023/v2_software_r
eference_guide.pdf](http://www.silvermountaintargets.com/uploads/6/3/4/4/63444023/v2_software_reference_guide.pdf), Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Stoller, M. 1971. Ultraviolet target hit scoring system, United States Patent Office, No:
3624401, 30.11.1971.

Streetman, B.G., Banerjee, S.K. 2000. Solid State Electronic Devices. Pearson Professional, 558, England.

Thalman, C. B. 1970. Target and means for automatically indicating the position at which a projectile shot from a weapon hits the target, United States Patent Office, No: 3529828, 22.09.1970.

- Topal, E.Ö. 2014. Bir işletmede yıllık izinlerin belirlenmesi için yazılım programı geliştirme. T.C. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı,74, İstanbul.
- Yetter, E.W., Conner, H.G. 1967. Method and apparatus for determining the coordinate of a projectile by measuring the time interval between the interception of successive light screens, United States Patent Office, No: 3487226, 10.10.1967.
- Zhao, X., Yan, Y. 2017. Laser Electronic Target System Using Non-Overlapping and Crossing Rectangular Laser Screens, United States Patent Application Publication, No: 20170045339A1, 16.02.2017.
- Zivkovic, A.B., Hristov, N.B., Jerkovic, D.D., Bogdanovic, N.S., Milutinovic, J.M. 2019. Automatic measurement of precision and accuracy from the hit pattern of small arms using electronic target system. Materials Science and Engineering, 569, 1-7.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : SALİH KÖSE
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.08.1988 / KARAMAN
Medeni Hali : EVLİ
Telefon : +90 507 453 53 65
e-mail : salih_kose_@hotmail.com

Eğitim

Derece	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Erzurum Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı	-
Lisans	Erzurum Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği	2018
Lisans	Fırat Üniversitesi Elektronik Öğretmenliği	2010
Önlisans	Anadolu Üniversitesi Engelli bakımı ve Rehabilitasyon	2019
Lise	Karaman Endüstri Meslek Lisesi	2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Emniyet Genel Müdürlüğü, 2011-