



**TERMAL GÖRÜNTÜ İŞLEME
KULLANILARAK ZİHİNSEL
İŞ YÜKÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

AHMET ER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Yrd. Doç. Dr. A. HAKAN YAVUZ**

**Ağustos - 2016
Her hakkı saklıdır**

**T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TERMAL GÖRÜNTÜ İŞLEME KULLANILARAK
ZİHİNSEL İŞ YÜKÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

AHMET ER

TOKAT
Ağustos - 2016

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

**Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
2015/96'nolu proje ile desteklenmiştir.**

Ahmet ER tarafından hazırlanan "Termal Görüntü İşleme Kullanılarak Zihinsel İş Yükünün Değerlendirilmesi" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 12 AGUSTOS 2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu İle Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
YRD. DOÇ. DR. Abdullah Hakan YAVUZ

Üye
Prof. Dr. Raşit AHİSKA
Gazi Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç.Dr. Cem EMEKSİZ
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

.....

.....

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AİŞAKIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

12.08.2016

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

AHMET ER

12 Ağustos 2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERMAL GÖRÜNTÜ İŞLEME KULLANILARAK ZİHİNSEL İŞ YÜKÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

AHMET ER

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. A. HAKAN YAVUZ)

Bu araştırma öğrenme sürecinde kişinin beyin sıcaklığının ne oranda ve nasıl değiştiğini incelemek amacıyla yapıldı. Ayrıca görevlerin zorluk derecesi ve kişinin bu görevdeki yetisi ile beyin sıcaklık değişiminin ilgisi araştırıldı. Bu amaçla iki yöntem kullanıldı. Bunlardan biri temassız sıcaklık tespiti için kullanılan termal görüntü işlemedir. Diğer temaslı sıcaklık tespiti için kullanılan SHT11 sıcaklık sensörleri ile oluşturulmuş tasarımdır. Beynin belirli kısımlarının sıcaklık değişimleri, görev aktivitesi anında bu iki yöntemle incelendi. Bu çalışma ile ön lob sıcaklığının diğer bölümlerin sıcaklıklarına nazaran daha anlamlı olduğu görüldü. Görevlerin zorluk derecesi, görev süresi, kişinin bu görevdeki yetisi ve başarısı ile bölge sıcaklığının bağlantılı olduğu anlaşıldı. Görev başarısı ve becerisi arttıkça ölçülen sıcaklıkların maksimum ve minimum arasındaki farkların asgari seviyede olduğu gözlemlendi. Görev tekrar sayısı artmasıyla görev esnasında elde edilen maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık farkı yaklaşık olarak $2.5 - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $0.5 - 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ bandına gerilediği gözlemlenmiştir. Bölge sıcaklığı ile kişinin yetisi arasındaki ilişki el, ayak ve beyin koordinasyonu gerektiren görevlerde daha açık ortaya çıktı. Çalışma sonucunda, deneklerin görev yetisi hakkında sadece sıcaklık ölçümü yapılarak karar verilebileceği görüldü.

2016, 55 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Termal Görüntüleme, Termal Görüntüleme İşleme, Zihinsel İş Yüğü, Beyin Sıcaklığı

ABSTRACT

MASTER THESIS

USE OF THERMAL IMAGE PROCESSING FOR MENTAL WORKLOAD ASSESSMENT

AHMET ER

**GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MECHATRONICS ENGINEERING**

(SUPERVISOR:) ASST. PROF. DR. A.HAKAN YAVUZ

This research was conducted with the purpose of examining in which rate and how a person's brain temperature changes during learning process. Moreover, the relevancy between brain temperature change and difficulty level of the tasks & person's competence at this task was also researched. For this purpose, two methods were used. One of them is thermal image processing which is used for contactless temperature determination. The other one is the design formed with SHT11 temperature sensors which is used for contact temperature determination. Temperature changes of certain parts of the brain were examined with these two methods at the moment of task activity. It was seen by this study that frontal lobe temperature is more significant as compared to the temperatures of other parts. It was understood that difficulty levels of tasks, task term, person's competence and success at this task are connected with the area temperature. It was observed that as long as the task success and skill increase, the differences between the maximum and minimum of the measured temperatures are at a minimum level. It was observed that with the increase of task repetition number, the difference of maximum temperature and the minimum temperature obtained during the task was regressed approximately from 2,5 – 3 °C to 0,5 – 1 °C band. The relation between area temperature and person's competence was appeared more clearly in the tasks requiring eye, foot and brain coordination. As a result of the study, it was seen that decisions about the task competence of the subjects may only be made by making temperature measurement.

2016, 55 PAGE

KEYWORDS: Thermal Imaging, Thermal Imaging Processing, Mental Workload, Brain Temperature

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim süresince danışmanlığımı yapan ve çalışmalarım sırasında hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sayın hocam Yrd.Doç.Dr.A.Hakan YAVUZ 'a, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Mekatronik Mühendisliği ve Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü hocalarıma, tez çalışmalarında yardımlarından dolayı Ö.Bayram ÇOBAN'a, Ümit GÜZEL'e, Adem GÜZEL'e ve T.Berat ER'e, hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam Mehmet ER'e, annem Gülsüm ER'e ve kardeşim Turan ER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

AHMET ER

12 Ağustos 2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.1.1. Temassız Sıcaklık Tespiti İçin Kullanılan Materyaller.....	7
3.1.2. Temaslı Sıcaklık Tespiti İçin Kullanılan Materyaller.....	10
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Temassız Sıcaklık Tespiti ve Değerlendirilmesi.....	14
3.2.2. Temaslı Sıcaklık Tespiti ve Değerlendirilmesi.....	20
4. BULGULAR.....	24
4.1. Temassız Sıcaklık Tespiti ile Elde Edilen Veriler.....	24
4.1.1. Denek-1 için bulgular.....	24
4.1.2. Denek-2 için bulgular.....	29
4.1.3. Denek-3 için bulgular.....	30
4.2. Temaslı Sıcaklık Tespiti ile Elde Edilen Veriler.....	32
4.2.1. Denek-4 için bulgular.....	32
4.2.2. Denek-5 için bulgular.....	36
4.2.3. Denek-6 için bulgular.....	38
4.2.4. Denek-7 için bulgular.....	40
4.2.5. Denek-8 için bulgular.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
6. KAYNAKLAR.....	46
7. EK.....	47
7.1. Termal Kamera Teknik Özellikleri.....	47
7.2. ATmega32U4 İşlemcisi Teknik Özellikler.....	48
7.3. SHT11 Teknik Özellikler.....	52
8. ÖZGEÇMİŞ.....	55

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Ge	Germanyum
GHz	Gigahertz
KB	Kilobyte
MHz	Megahertz
mm	Milimetre
nm	Nanometre
nF	Nanofarad
V	Volt
%	Yüzde
λ	Dalga boyu

Açıklama

Kısaltmalar

AD	Analog dijital
fMRI	Functional magnetic resonance imaging (İşlevsel manyetik rezonans görüntüleme)
fNIRS	Functional near infrared spectroscopy (İşlevsel yakın kızılötesi spektroskopisi)
GND	Ground (Toprak)
IR	Infrared (Kızılötesi)
LED	Light Emitting Diode (Işık yayan diyot)
MRA	Multiresolution analysis (Çok çözünürlüklü analiz)
PCB	Printed circuit board (Baskı devre kartı)
ply	Kat
SARS	Severe acute respiratory syndrome (Ağır akut solunum yolu yetersizliği sendromu)
SCK	Seri clock
SMD	Surface Mount Devices (Yüzeye monte devre elemanları)

SMS	Short message service (Kısa mesaj servisi)
USB	Universal serial bus (Evrensel seri veri yolu)
VDD	Drain besleme voltajı
Δ MMT	Görev tekrarlarında ölçülen maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık arasındaki fark



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Sağlıklı(sol) ve ateşi yüksek(sağ) insanların yüz termogramları.....	2
Şekil 3.1. Elektromanyetik spektrumreleri.....	7
Şekil 3.2. Termal kamera yapısı.....	9
Şekil 3.3. Termal kamera ile görüntüleme.....	9
Şekil 3.4. LilyPad Arduino USB.....	10
Şekil 3.5. SHT11 sıcaklık sensörü.....	11
Şekil 3.6. SHT11 devre şeması.....	12
Şekil 3.7. LilyPad Led.....	13
Şekil 3.8. İletken İp (kalın).....	13
Şekil 3.9. Termal görüntülerin elde edilmesi.....	14
Şekil 3.10. Görüntü işlemede temel basamaklar.....	15
Şekil 3.11. Öznitelikler	17
Şekil 3.12. Basamaklandırılmış sınıflandırıcı	18
Şekil 3.13. Çerçevelerin pozitif resim üzerinde taranması	18
Şekil 3.14. Termal görüntülerin işlenmesi.....	19
Şekil 3.15. Termal görüntüden alın tespiti.....	19
Şekil 3.16. Kayıtlı verilerin grafiklenmesi.....	20
Şekil 3.17. Senörlerin ve ana kartın kumaş üzerine dikilmesi.....	21
Şekil 3.18. Bandajın ön ve arka yüzü.....	21
Şekil 3.19. Bandajın uygulama görünümü.....	22
Şekil 3.20. Programın çalışırken görünümü.....	23
Şekil 3.21. Programda veri tabanındaki değerlerin grafiğe yansıtılması.....	23
Sekil 4.1. Denek-1'in beyin ön lobunun sıcaklık grafikleri.....	24
Sekil 4.2. Denek-1'in beyin ön lobunun ilk görev tekrarındaki sıcaklık ve Δ MMT grafiği	25
Şekil 4.3. Denek-1'in beyin üst lobunun °C cinsinden termal sıcaklığı.....	26
Şekil 4.4. Denek-1'in beyin üst lobunun Δ MMT grafiği	27
Şekil 4.5. Denek-1'in °C cinsinden sağ lob sıcaklık ortalamaları grafiği.....	27
Şekil 4.6. Denek-1'in °C cinsinden sol lob sıcaklık ortalamaları grafiği.....	27
Şekil 4.7. Denek-1'e ait sağ lob Δ MMT grafiği.....	28
Şekil 4.8. Denek-1'e ait sol lob Δ MMT grafiği.....	28
Şekil 4.9. Denek-2'nin °C cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği..	29
Şekil 4.10. Denek-2'nin ön lob Δ MMT grafiği.....	29
Şekil 4.11. Denek-2'nin piksel cinsinden ön lob piksel cinsinde ortalama sıcaklık değişim grafiği.....	30
Şekil 4.12. Denek-3'ün °C cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği.....	31
Şekil 4.13. Denek-3'ün piksel cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği.....	31
Şekil 4.14. Denek-3'ün ön Δ MMT grafiği.....	32
Şekil 4.15. Denek-4'ün sensör 1 için ön lob maksimum sıcaklığı.....	33
Şekil 4.16. Denek-4'ün sensör 2 için ön lob maksimum sıcaklığı.....	33
Şekil 4.17. Denek-4'ün sensör 3 ve sensör 4 için ön lob maksimum sıcaklığı...	34
Şekil 4.18. Denek-4'ün ön lob minimum sıcaklığı.....	35
Şekil 4.19. Denek-4'ün ön lob ortalama sıcaklığı.....	35
Şekil 4.20. Denek-4'ün ön lob Δ MMT grafiği.....	36

Şekil 4.21. Denek-5'in ön lob maksimum sıcaklığı.....	37
Şekil 4.22. Denek-5'in ön lob minimum sıcaklığı.....	37
Şekil 4.23. Denek-5'in ön lob Δ MMT grafiği.....	38
Şekil 4.24. Denek-6'nın ön lob Δ MMT grafiği.....	39
Şekil 4.25. Denek-6'nın ön lob maksimum sıcaklık grafiği	39
Şekil 4.26. Otomobil park görevi.....	40
Şekil 4.27. Denek-7'nin ön lob Δ MMT grafiği.....	41
Şekil 4.28. Kart eşleştirme oyunu.....	41
Şekil 4.29. Denek-8'in ön lob Δ MMT grafiği.....	42
Şekil 4.30. Denek-8'in ön lob maksimum sıcaklık grafiği.....	42
Şekil 7.1. ATmega32U4 pin konfigürasyonu.....	51
Şekil 7.2. Sensör tipine göre maksimum tolerans.....	52
Şekil 7.3. SHT11 devre şeması.....	53
Şekil 7.4. Çalışma koşulları.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 7.1. SHT11 performansı.....	52
Çizelge 7.2. SHT11 elektriksel özellikler.....	54



1. GİRİŞ

Beyin, vücudumuzun ve vücudumuzdaki her türlü fonksiyonun komuta organı, idare merkezidir. İnsanın mevcudiyetiyle doğrudan ilgili bu önemli organımızın yapısı ve işleyişi bütün zamanlarda insanların dikkatini çekmiş ve araştırmalara konu olmuştur. Çok değerli ve hassas bir yapıya sahip olduğu için kafatası gibi sağlam bir yapının içinde korunmaktadır. Ortalama bir buçuk kg. ağırlığındadır. Beyinle ilgili günümüzde bir takım bilimsel bilgiler mevcuttur ancak hala beyinle ilgili sırlar tamamen bilinmemekte ve araştırmalara konu olmaya devam etmektedir.

Beynin en büyük özelliklerinden bir tanesi öğrenme olayının merkezi olmasıdır. İnsan beyni birbirine bağlı 100 milyardan fazla nöron adı verilen mikroskobik hücrelere sahiptir ve beyin uyanırken yaklaşık 25 watt enerji harcar. Öğrenmek, bu nöronlar arasında dolaşacak elektrik sinyalleri için yollar üretmek ve bu yolları güçlendirmektir. Beyindeki her bağlantı arasında sinaps denilen küçük boşluklar vardır. Bir şeyin öğrenilebilmesi için elektrik sinyali bu sinapsleri geçmek ve yoluna devam etmek zorundadır. İki beyin hücresi arasındaki boşluk küçüktür ama bu sinyalin ilk geçişinde bir taraftan diğerine kolayca geçebileceği anlamına gelmemektedir. İki beyin hücresi arasındaki ilk geçiş en çok enerji gerektiren durumdur. Bir bilgi öğrenildiğinde elektriksel mesaj iki nöron arasında defalarca seyahat eder. En sonunda beyin, nöronlar arasında bağlantı veya yollar oluşturmaya başlar (Winston, R., 2003).

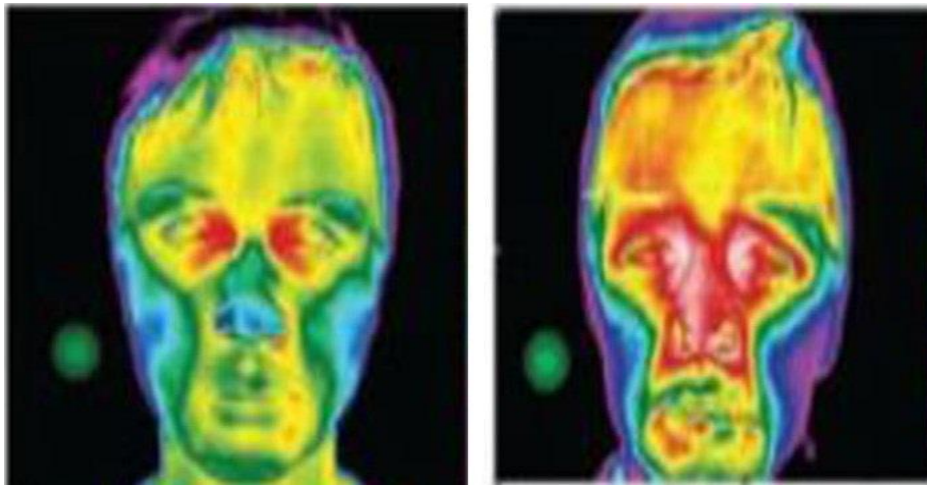
Öğrenme esnasında beynin daha çok enerji harcadığı bilinmektedir. Öğrenme tamamlanmaya başladıkça ve pekiştikçe daha az enerji harcanmaktadır. Örneğin; bir insan bisiklet sürmeyi yeni öğrendiği dönemde dengede kalma, pedal çevirme, yolu takip etme ve bunun yanında freni de düşünmelidir ve tüm bunları aynı anda düşünmek zorundadır. Bu dönemde beyin korteksteiki bölgeleri kullanır ve daha fazla enerji harcar. Bu döneme kortikal dönem denmektedir. Fakat pratik yaptıkça zamanla beynimizdeki nöronlar arasında bir yol oluşur ve öğrenme gerçekleşir. Böylelikle bisikleti kişi düşünmeden sürebilecektir. Bu döneme de subkortikal dönem denmektedir ve bu dönemde beyin yapılacak işlemi otomatik olarak yapabilmektedir (Aydın, Y., 2013).

Öğrenme esnasındaki bu fazla enerji tüketiminden kaynaklı ısı değişimini tespit etmek için birçok açıdan avantajlı olan ve bundan dolayı medikal alan da tercih edilen termal görüntüleme ve görüntü işleme kullanılmıştır. Bu termal görüntü işleme sonucunda elde edilen verileri doğrulamak içinse ikinci bir yöntem olması açısından SHT11 sıcaklık sensörleri ile donatılmış bandaj kullanılmıştır.

Medikal görüntü analizinin geliştirilmesi ile hastalıkların tanı ve tedavisi aşamalarında daha hızlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunlar arasında da termal görüntüleme önemli bir yere sahiptir. Termal görüntü işleme tümörlü doku tespiti, kas, eklem sistemi hastalıkları ve meme kanseri gibi birçok hastalığın teşhisinde, taramasında önemli avantaj sağlamaktadır. Kullanım kolaylığı, güvenli oluşu ve subjektif bir bilgi olan ağrının yeri ve yoğunluğunu gösteren tek tanı yöntemi olması sebebiyle yararlı bir yöntem durumuna gelmiştir (Düzgün D. ve Or M.E., 2009).

Meksika’da başlamasıyla, domuz gribi tüm dünyaya yayıldı. Dünya Sağlık Örgütü(WHO) 11 Haziran 2009 tarihinde salgın olarak ilan etti. 31 Temmuz 2009’da Dünya Sağlık Örgütü’nün raporlarına göre 168 ülkede 162,380 vaka bildirildi.

Termal görüntüleme büyük ölçekte ateşli insan tarama konusunda 2002-3 SARS salgınında hastalığın yayılmasını önlemek için Asya’daki havaalanlarında yolcuları taramada kullanılmıştır (Anonim, 2009).



Şekil 1.1. Sağlıklı (sol) ve ateşi yüksek (sağ) insanların yüz termogramları

Yaptığımız bu çalışmayla öncelikle bir insana yapılması istenilen bir görev veya öğrenilmesi istenilen bir bilgi verilmiş sonrasında ise beynin ısı değişimleri incelenmiştir. Bu amaçla iki yöntem benimsenmiştir. Birincisi kızılötesi ışınları insan gözünün algılayabileceği görüntülere çeviren cihaz olan termal kamera ile kafanın termal görüntüleri alınmış ve geliştirilen yazılım ile bilgisayar tarafından anlamlandırılması sağlanmaya çalışılmıştır. İkinci bir yöntem olarak beyin sıcaklığını ölçmek adına bir bandaj tasarlanmış. Yine geliştirilen farklı ikinci bir yazılım sayesinde sıcaklık değerleri ölçülüp kaydedilmiş ve beyin sıcaklıkları yorumlanmaya çalışılmıştır. Beynin aktivite anının, öncesinin ve sonrasında alınan sıcaklık değerleri her iki yöntem ile de incelenmiş ve sonuçların paralel olup olmadıkları araştırılmıştır. Bu veriler ışığında kişinin zihinsel iş yükü ile beyin sıcaklığı arasındaki ilişki incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Termal görüntü analizi yalan makinası yapımında kullanılmıştır. Geliştirilen sistem ile geleneksel yalan inceleme yöntemlerine göre doğruluk ve güvenilirlik oranlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Pavlidis I. and Levine J., 2002).

Tsunashima H. ve Yanagisawa K. (2009), yapmış oldukları araştırmayla araç sürücülerinin yakın kızılötesi spektroskopi (fNIRS) ile beyin görüntüleme çalışmaları için uygulanabilir bir yöntem önermeyi amaçlamışlardır. Ayırık dalgacık dönüşümüne dayalı çok çözünürlüklü analiz ile (MRA) bir sinyal işleme yöntemi geliştirilmiştir. Zihinsel hesaplama düzeyleri farklı düzeylerde olana deneklerin beyin aktiviteleri fNIRS(İşlevsel yakın kızılötesi spektroskopi ve fMRI)(İşlevsel manyetik rezonans görüntüleme) ile ölçülmüştür. Z-skoru ile istatistiksel grup analizi MRA kullanarak görevsel ekstraksiyondan sonra yapılmıştır. Dokuz denek üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda önerilen yöntemler ile sürücülerin ön loblarının daha az aktif olduğu belirlenmiştir.

Yüz ifadelerini algılamak için konuşmadan hemen önce, konuşmanın ilk ünlü harfi ve ifadenin son ünlü harfi seçilmiştir. Bu çalışmada bir ön işleme modülü olarak yüz ifadesinin tanımak için yüzün ön tarafını ayırt edecek bir fonksiyon eklenmiştir. Yüzün ön tarafının termal görüntüleri ile karar verilen sayılı dizilerin içindeki parametre özelliklerinin değerleri termal görüntü işleme ile ölçülmüştür. Öncelikli olarak anlam açısından nötr olan bir Japon ismi “Taro” benimsenmiş ve incelenmiştir. Bu yargının anlamı yüzlerinin yönünü özgürce değiştiren altı denekte %99.5 oranında doğrulukla tespit edilmiştir. Önerilen yöntem ile bu altı deneğin yüz ifadesi kasıtlı olarak “doğal”, “üzgün”, “şaşırmış”, “mutlu”, ve “kızgın” olarak sergilendiğinde %84.0 doğrulukla ayırt edilebilmiştir. Bu metodun, günlük konuşmalardaki yüz ifadelerinin algılanmasında uygulanabilir bir yöntem olması umulmaktadır (Fujimura T. ve ark., 2011).

Ayaz ve ark. (2011), yapmış olduğu çalışmada hava trafik kontrol operatörlerinin zihinsel iş yükünü doğru bir şekilde ölçebilmek ve kritik görevlerde verimliliği artırmak için yakın kızılötesi spektroskopi (fNIR) ile uzmanlığın geliştirilmesi incelenmiştir. Hava trafik kontrol operatörlerinin kullandığı mevcut klavyeden Q klavyeye geçilmesi

sonrasında beyine yüklenen zihinsel iş yükü araştırılmıştır. Sonuç olarak fNIR ile elde edilen veriler ışığında beyinsel görev yükünün operatörün yaptığı pratiğe ve ilgili işteki yetkinliğine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

Yine yapılan benzer çalışmada uçak simülasyonu ile pilotun görevleri öğrenme sırasında beyinsel görev yükü ve uzmanlık düzeyinde görev performansı değişikliklerine ön prefrontal korteks hemodinamik tepkisi ile ilişkisini araştırmak için yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIR) kullanılmıştır. Elde edilen fNIR verilerine göre görev performansı ile uzmanlık ve öğrenme düzeyinin ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu sebeple zihinsel iş yükünün ve uzmanlık düzeyinin doğru değerlendirilmesi kritik havacılık uygulamaları için insan bilgisayar etkileşimi etkinliğinin artırılmasında yardımcı olacaktır (Ayaz ve ark., 2012).

Salahuddin ve ark. (2014), geliştirdikleri sistem ile kuvözdeki prematüre bebeklerin güvenliği ve rahatlığı sağlanmaya çalışılmıştır. Bu sistem, kuvözün sıcaklığının ve bağıl neminin dengede tutulmasını sağlamıştır. Kuvözün bu değerlerinde dengesizlik olduğunda ise önceden tanımlanmış cep telefonu numaralarına SMS (Short Message Service) ile uyarı mesajı gönderilmiştir.

Zihinsel iş yükünü zihinsel ve algısal iş yükü olarak tanımlayabiliriz. GATF Eğitim Hastanesi hekimlerinin zihinsel iş yükünün değerlendirilmesine yönelik çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Hart ve Staveland tarafından geliştirilen “NASA-TLX Ölçeği” kullanılmıştır. Çalışmanın amacı ise hekimlerin zihinsel iş yükünün sosyo-kültürel özelliklere göre değişip değişmediğini tespit etmektir. Araştırma neticesinde, hekimlerde en fazla zihinsel iş yükü oluşturan faktörün “zaman darlığı baskısı”, en az ise “fiziksel zorlanma” olduğu tespit edilmiştir. Hekimlerin zihinsel iş yükünün meslekteki çalışma süresine, yaşa, çalışılan bölüm ve nöbet sayısına göre değiştiği tespit edilmiş olup cinsiyet, medeni durum ve unvana göre farklılık göstermediği anlaşılmıştır. Yapılacak görev dağılımlarında sosyo-kültürel özelliklerin dikkate alınmasının faydalı olacağı sonucuna varılmıştır (Karadağ M. ve Cankul İ.H., 2015).

Günümüz sistemleri günlük görevler sırasında bireylerden daha fazla yararlanmayı gerekli kılmış bu da dinamik bir yapıya sahip zihinsel iş yükünü ortaya çıkarmıştır. Yapılan bu çalışmayla cinsiyetin ve kişilik faktörlerinin, bilişsel görev tipinin, görev

zorluk derecesinin performansa ve zihinsel iş yüküne olan etkisi araştırılmıştır. Bilişsel görev olarak N-geri, labirent ve bilgi seçme görevleri kullanılmıştır. Zihinsel iş yükünün ölçümünde ise yakın kızılötesi spektroskopi (fNIR) kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda erkeklerin bilgi seçme görevlerinde kadınlardan daha çok deneme yaptığı ve 4-geri görevinde kadınlardan daha çok başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Diğer görevlerde ise cinsiyet farkına rastlanmamıştır. Ayrıca bilişsel görevlerde kadın ve erkeğin zihinsel yorgunlukları arasında fark gözlemlenmemiştir. Çalışmanın bir başka sonucuna göre, beklendiği gibi görevlerin zorluk seviyeleri arttıkça kişilerin doğru yapma seviyeleri azalmış ve kanlanma seviyeleri artmıştır (Batun B., 2015).

Guan W. ve ark. (2016) tarafından kablosuz sıcaklık ve nem takibinin yüksek enerji tüketimi, kötü insan-makine etkileşimi ve ters gerçek-zamanlı kontrolün olmaması gibi eksiklerini gidermek amacıyla bir sistem tasarlanmıştır. Bu tasarımda veri modülü olarak SHT11 sıcaklık-nem sensörü kullanılmıştır. Yapılan testlerle bu sistemin düşük enerji tüketimi ve yüksek hassasiyete sahip olduğu görülmüştür. Bu sistem laboratuvar depoları ve seralar gibi tarım ile endüstri alanlarında uygulanmış ve büyük katkı sağlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

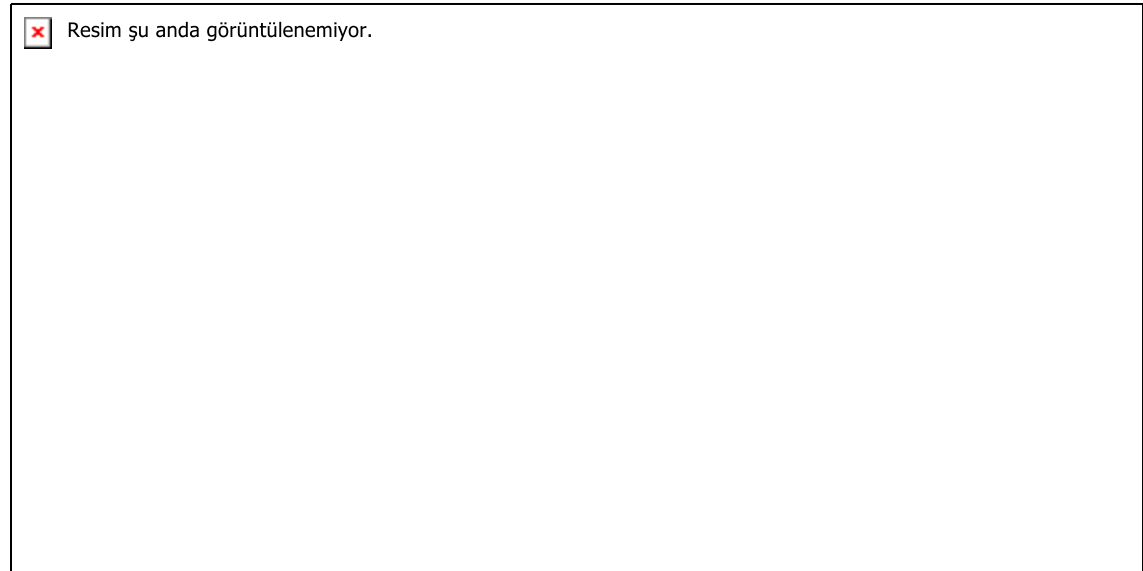
3.1. Materyal

3.1.1. Temassız sıcaklık tespiti için kullanılan materyaller

Termal Kamera

Termal kamera olarak Fluke Ti95 kullanılmıştır. Bu kamera Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Desteği ile tedarik edilmiştir.

İnsan gözü sadece elektromanyetik spektrumdaki görünür ışıkları görür. Elektromanyetik spektrumdaki, gözümüzün gördüğü görünür ışıkların dışındaki diğer tüm dalga boylarını, kızılötesi ışık gibi, gözümüzle göremeyiz. Dalga boyu, $\lambda = 750\text{nm} - 1\text{mm}$ arasındadır. 0 Kelvin yani -273°C üzerinde sıcaklığa sahip olan tüm maddeler termal enerji yayarlar. Bu enerji maddelerin sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Termal enerji gözümüzün göremediği IR (kızılötesi) aralıkta yayılır. İşte termal kameralar ise tam olarak bu temele göre çalışır. Yani bir termal kamera, elektromanyetik spektrumdaki kızılötesi dalga boylarını görünür bir resme çevirir.



Şekil 3.1. Elektromanyetik spektrum

Termal kameralar optik mekanik birimlerden, dedektör soğutucu birimlerinden ve sinyal işleme birimlerinden oluşurlar.

Optik Mekanik Birimler

Termal kameraların en az bir merceği vardır. Görüntüleyici bir mercek kızılötesi ışınımı alır ve bunu kızılötesi bir dedektör üzerine odaklar. Dedektör cevap verir ve elektronik bir görüntü oluşturur. Termal bir kameranın üzerindeki mercek, gelen kızılötesi ışınımı dedektör üzerine toplamak ve odaklamak için kullanılır. Çoğu uzun dalga boylu termal görüntüleyicinin mercekleri germanyumdan(Ge) yapılmıştır. İnce yansıma önleyici astar tabakaları, merceklerin geçirimini artırır. Bu cihazların çektiği fotoğrafta sıcak bölgeler açık renk, soğuk bölgeler ise koyu renkle gösterilir. En soğuk bölgeyi mavi, en sıcak bölgeyi ise sarı gösterir ve ortamın sıcaklığına göre mavi den sarı ya da kırmızı renk kullanarak geçer.

Dedektör, Soğutucu Birimi

Normal kameralar görüntüyü ışık sayesinde oluştururken termal kameralar görüntüyü ısı sayesinde oluştururlar. Benzer şekilde insan beyni ve gözü görüntüyü oluşturmada renkleri ve ışığı kullanırken renk farklılıkları önemlidir. Beyaz bir duvar önünde bulunan beyaz bir objenin fark edilmesi son derece zor olduğu gibi ortam sıcaklığına eşit bir sıcaklıktaki bir objenin termal kamera ile görüntülenmesi de son derece zordur. Bu tür kameralarda kullanılan dedektörler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilen (0.01 °C gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluşturabilen özelliklerdedir. Ayrıca görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değerinde farklı IR yayılımlar olduğu ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı da bu dedektörler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler.

Elektronik Sinyal İşleme Birimi

Termal kameraların yapısına baktığımızda ise, bir nesne üzerinden gelen kızılötesi enerji(A), mercek(B) tarafından kamera içindeki kızılötesi detektör(C) üzerine düşürülür. Bu detektör resmin işlenmesi için bilgileri elektronik sensörlere(D) gönderir. Bu işlemlerin sonucunda bilgiler bizim görebileceğimiz bir resme dönüştürülerek kameradaki ekranlarda(E) gösterilir.

Bu kızılötesi ışınların gözle görülebilecek şekilde resme dönüştürülmesi sürecine termografi denir.



Şekil 3.2. Termal kamera yapısı

Bu cihazların çektiği fotoğrafta sıcak bölgeler açık renk, soğuk bölgeler ise koyu renk ile gösterilir. En soğuk bölgeyi mavi, en sıcak bölgeyi ise sarı gösterir ve ortamın sıcaklığına göre mavi den sarı ya da kırmızı renk kullanarak geçer.



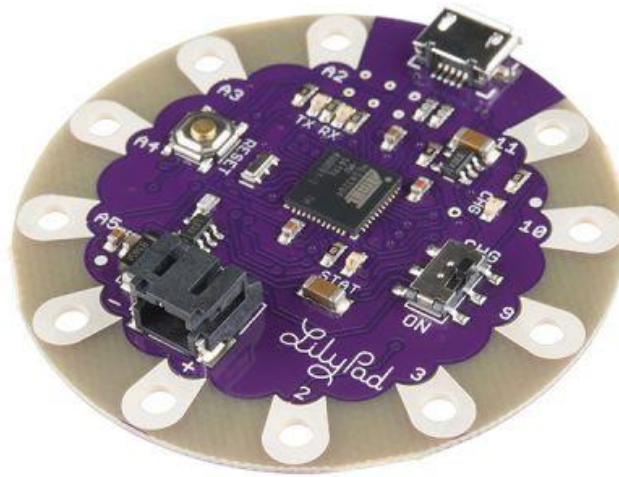
Şekil 3.3. Termal kamera ile görüntüleme

3.1.2. Temashlı sıcaklık tespiti için kullanılan materyaller

LilyPad Arduino USB Main Board

LilyPad, dikilebilir ürünler alanında büyük bir kitleye sahip olan oldukça kullanışlı ve çok yönlü bir üründür. Kıyafetlere, çanta veya kumaşa, kısaca dikilebilir herhangi bir kumaşa LilyPad dikilerek kullanılabilir.

Ürün üzerinde Arduino Leonardo ve Micro kartlarında yer alan ATmega32u4 işlemcisi bulunmaktadır. Kart 2-5 V arasında çalışmaktadır. Arduino bootloaderi yüklüdür. Bu sayede bilgisayara doğrudan USB ile bağlanarak Arduino IDE'si üzerinden programlanabilir. Ayrıca kart üzerinde 1S LiPo batarya bağlantısı için JST soket bulunmaktadır. LiPo batarya, kart üzerinde bulunan şarj devresi sayesinde USB üzerinden şarj edilebilir. ATmega32u4 işlemcisi kullandığından kart, bilgisayara klavye veya fare gibi çevre birimleri olarak tanıtılabilir. LilyPad'in etrafına giriş çıkış pinleri sıralanmış şekildedir. Bu sayede kıyafet ya da kumaşa kolay bir şekilde dikilebilir. Dikim işlemi için iletken iplik kullanılması bu kartı oldukça kullanışlı hale getirmektedir.



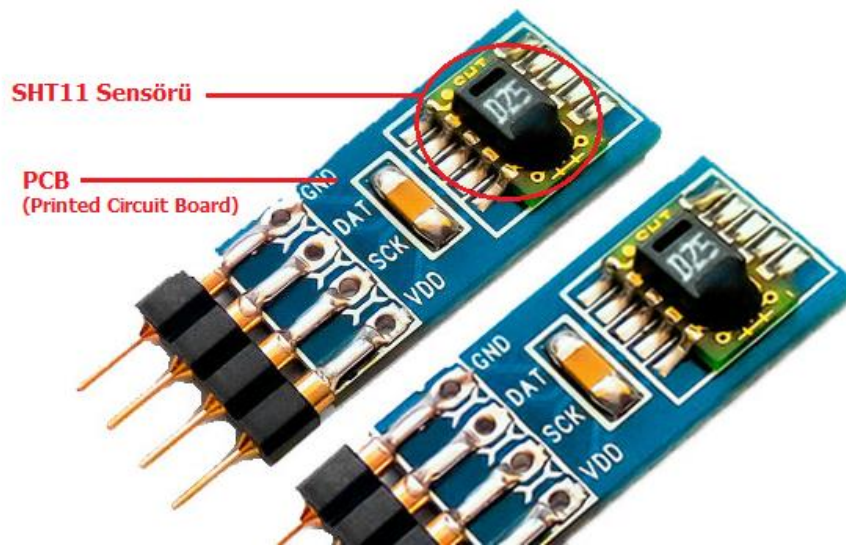
Şekil 3.4. LilyPad Arduino USB

LilyPad Arduino USB Main Board Özellikleri

- Ölçüler : 50 mm dış çap, 0.8 mm kalınlıklı PCB,
- ATmega328 işlemci,
- 2.7-5.5 V çalışma voltajı
- 2.7-5.5 V besleme
- 14 dijital giriş/çıkış
- 6 adet analog giriş,
- 40 mA çıkış akımı (her bir pinden)
- 16 KB Flash Memory (2KB bootloader tarafından kullanılır)
- Frekans: 2.4~2.524 GHz
- 1KB SRAM
- 512 byte EEPROM
- 8 MHz saat frekansı

SHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü Kartı

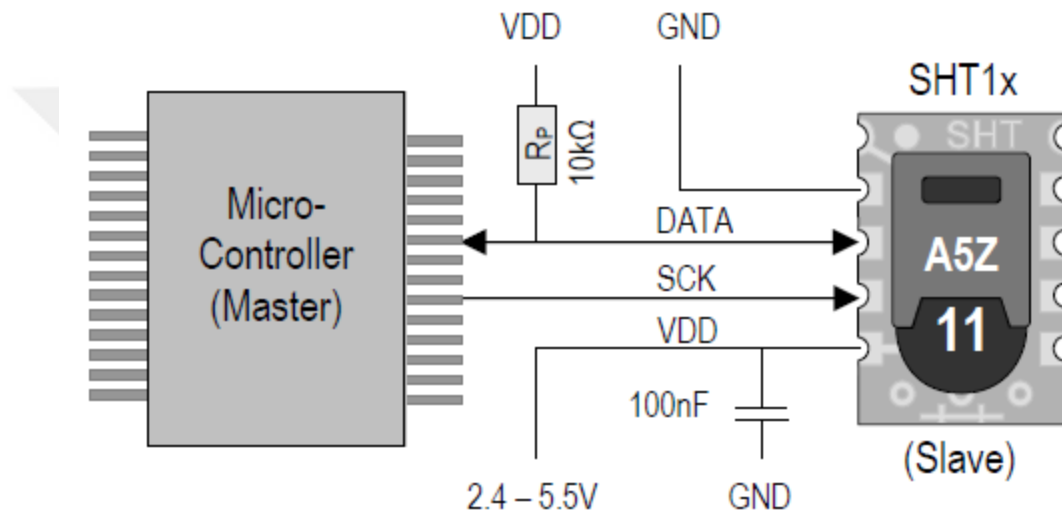
SHT11 SMD (Surface Mount Devices) haldeki dijital bir sıcaklık ve nem sensörüdür. Kart üzerine SHT11 sıcaklık sensörü lehimlenmiş ve gerekli pinler dışarıya doğru çekilmiştir.



Şekil 3.5. SHT11 sıcaklık sensörü

SHT11 Özellikleri

SHT11 içinde 14 bitlik AD (analog dijital) dönüştürücü ve seri haberleşme ünitesi vardır. Sıcaklık değeri 14 bit çözünürlükte (varsayılan değerdir, istendiğinde 12 bit seçilebilmektedir), nem değeri ise 12 bit çözünürlükte (varsayılan değerdir, istendiğinde 8 bit seçilebilmektedir) mikrodenetleyiciye iletilmektedir. 20 °C ile 40 °C sıcaklıkları arasında ± 0.4 °C doğruluk ile sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.

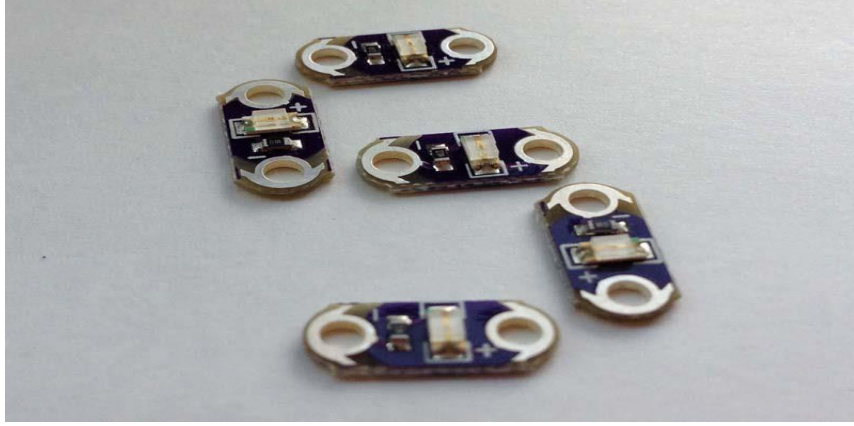


Şekil 3.6. SHT11 devre şeması

LilyPad LED (Light Emitting Diode)

LED; yarı-iletken, diyot temelli, ışık yayan bir elektronik devre elemanıdır. Düşük enerji tüketimi, uzun ömrü, sağlamlığı, küçük boyutu ve hızlı açılıp kapanabilmesi gibi geleneksel ışık kaynaklarına göre bir dizi avantajı vardır. Birçok sektörde özellikle de aydınlatma, sinyalizasyon gibi alanlarda tercih edilmektedir.

Leah Buechler tarafından geliştirilmiş olan LilyPad ise, giyilebilir e-tekstil teknolojisidir. Dizaynı Leah ve SparkFun tarafından ortak olarak yapılmıştır. LilyPad, kıyafetlerin içine dikilebilir ve geniş bağlantı padleri olacak şekilde tasarlanmıştır. Çeşitli giriş, çıkış, güç ve sensör kartları mevcuttur. Yıkatabilmektedir. LilyPad LED te bu dikilebilir teknoloji ile uyumlu olarak çalışması için üretilmiştir.



Şekil 3.7. LilyPad LED

İletken İp

Bu iletken ip, kıyafetler içine yerleştirilen çeşitli elektroniklerle bağlantı yapılabilmesi için tasarlanmıştır. Güç ve sinyal için akım taşıyabilmektedir. İp, paslanmaz çelikten yapılmıştır. 6-ply'den daha kalındır. Bu nedenle, ince olanına göre daha fazla güç akışına izin verebilmektedir.



Şekil 3.8. İletken ip (kalın)

3.2. Yöntem

Bu araştırma için iki yöntem uygulanmıştır. Birincisi temassız bir yöntem olarak beynin ısı değişimlerini incelemek için, kızılötesi ışınları insan gözünün algılayabileceği görüntülere çeviren cihaz olan termal kamera ile kafanın termal görüntüleri alınması ve geliştirilen yazılım ile bilgisayar tarafından anlamlandırılmasıdır. İkinci yöntem içinse beyin sıcaklığını ölçmek için bir bandaj tasarlanmış. Bu yöntem ise temastır.

3.2.1. Temassız sıcaklık tespiti ve değerlendirilmesi

İnsan beyni sıcaklığının kişinin herhangi bir alanda uzmanlık düzeyi ile ilişkisini saptamak için önce kişiye yapılması istenilen belirli bir görev verildi. Daha sonra görev esnasında Fluke Ti95 termal kamera kullanılarak beynin aktivite anı, öncesi ve sonrasının görüntüleri elde edilmiştir. Termal görüntülerin elde edilmesi görev anında periyodik olarak yapılmıştır, bu Şekil 3.9.'de görülmektedir..



Şekil 3.9. Termal görüntülerin elde edilmesi

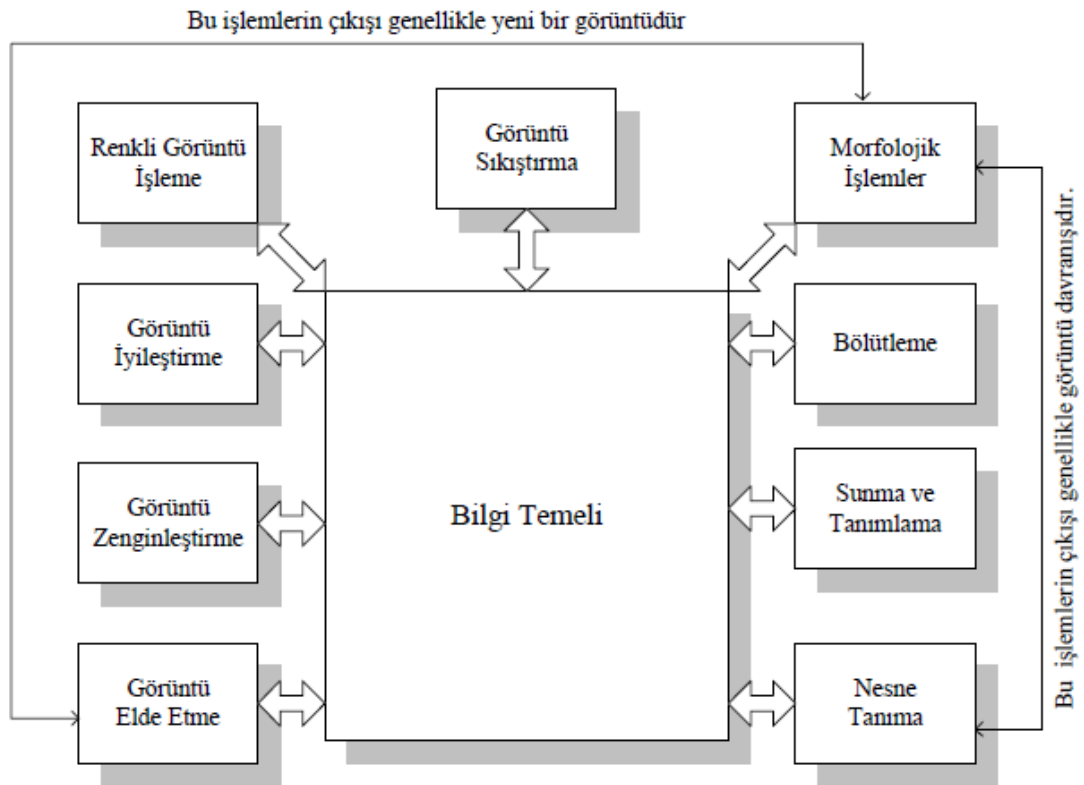
Bu görüntüler deneklerin baş kısmının ön, üst, sağ ve sol taraflarından olmak üzere dört farklı bölgeden alınarak elde edilen termal görüntüler Micro SD hafıza kartı aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Sonrasında bu görüntüler filtrelenerek gürültülerden

arındırılmış ve görüntülerdeki ana hatlar güçlendirilmiştir. Bu işlemlerin akabinde görüntüye özel tekniklerle bazı özellikler çıkartılmıştır. Çıkartılan bu özellikler bir makine öğrenmesi yöntemiyle sınıflandırılmış ve sınıflandırma başarısı gözetilerek verinin özellik sayısı azaltılmaya çalışılmıştır. Görüntülerin işleme için Matlab Yazılım platformu kullanılmıştır.

Görüntü işleme için görüntü işleme temel basamakları izlenmiştir.

Görüntü İşleme Basamakları

Görüntü işlemedeki temel basamaklar Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Buradaki her bir bloğun kullanım amacı şöyledir;



Şekil 3.10. Görüntü işlemede temel basamaklar

Görüntü Elde Etme

Görüntünün elde edilmesi ve sayısallaştırılması, görüntü işleminin ilk adımıdır. Bilgisayar sayısal veri ile çalıştığı sürece görüntü sayısal biçime getirilmelidir.

Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirmenin temel amacı, görüntüde gözle ayırt edilemeyecek kısımların incelenebilir bir duruma getirilmesidir. Örnek verecek olursak bir görüntünün parlaklığının artırılması, görüntünün daha iyi sunulmasını sağlar.

Görüntü İyileştirme

Bu kısımda da görüntünün daha iyi sunulması amaçlanır. Görüntü zenginleştirme bölümünden farkı, matematiksel ve olasılık teorisine dayanmasıdır.

Görüntü Sıkıştırma

Görüntülerin saklanması sırasında gerekli olan hafıza miktarının azaltılması için kullanılan teknikler bu alanda kullanılmaktadır. Örneğin; bilgisayarlarda kullanılan JPEG biçimi aslında görüntülerin daha az yer kaplamaları için kullanılan bir sıkıştırma tekniğidir.

Morfolojik İşlemler

Görüntü içindeki şekillerin tanımlanması ve sunulması için morfolojik işlemler kullanılır.

Bölütleme

Görüntü bölütleme, bir görüntüyü bileşenlerine veya görüntüyü oluşturan nesnelere ayırma işlemi olarak tanımlanabilir.

Sunma ve Tanımlama

Elde edilen verilerin bilgisayarın anlayabileceği bir biçime dönüştürülmesi aşamasıdır.

Nesne Tanıma

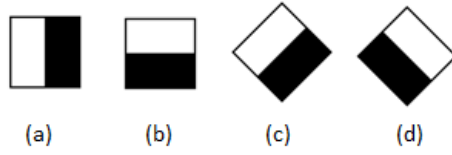
Görüntü işlemede nesne tanıma, görüntü içinde bulunan nesnelerin belirli özellikleri göz önüne alınarak etiketlenmesidir (Gonzales ve Woods, 2002).

Görüntülerin Matlab Yazılım platformunda geliştirilen programa yüklenmesinden sonra “Görüntüleri İşle” butonuna tıklanarak ilgili fonksiyonlar ile görüntüler

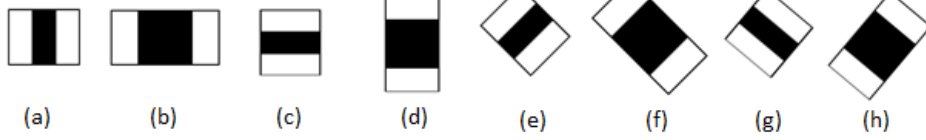
anamlandırılması sağlanmıştır. Bu amaçla öncelikle görüntüsü alman bölgelerden ilgili kısımların kırılması gerçekleştirildi.

İlgili bölgelerin tespiti için Viola-Jones yüz algılama algoritmasından yararlanılmıştır. Bu yöntemle, en temel manada belirli bir algoritmaya göre bulunması istenen nesneler önce bilgisayarla tanıtılarak ve daha sonra ona benzer şekillerin bulunduğu resimler veya video frame'leri taranarak o nesne bulunmaya çalışılır. Sınıflandırıcı eğitimde içerisinde aranılan nesnenin bulunduğu pozitif resimlere ve içerisinde o nesnenin bulunmadığı negatif resimlere ihtiyaç vardır. Pozitif resimlerdeki nesneleri şekil 3.11.'deki gibi belirli büyüklerde ayarlanmış ervelerle tarayarak erve içerisinde bulunan siyah bölgedeki piksel değerleri toplamı ile beyaz bölgedeki piksel değerleri toplamlarından karanlık aydınlık değerler kontrol edilerek belirli hedef değerler oluşturulur.

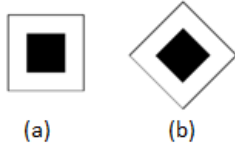
1. Edge features



2. Line features

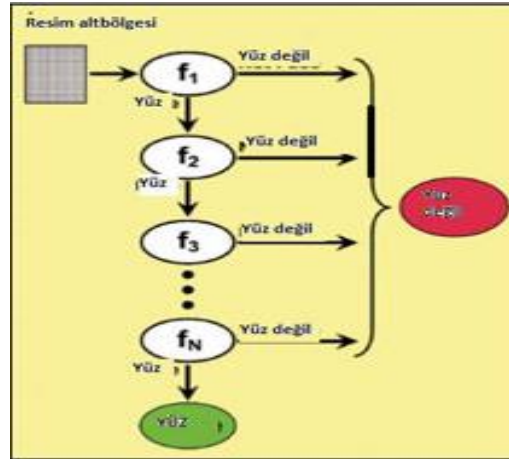


3. Center-surround features



şekil 3.11. Öznelikler

Feature denilen bu ervelere zayıf sınıflandırıcılar denilmektedir. Çünkü tek başına doğru bir sınıflandırıcı olamazlar. şekil 3.12.'de görüldüğü üzere bir nesnede bu zayıf sınıflandırıcılardan birçoğu olacaktır ve bu zayıf sınıflandırıcıların toplandığı noktada büyük doğruluk oranıyla aranılan nesne var demektir. Sınıflandırıcı, en temel mantığıyla bu şekilde çalışmaktadır.



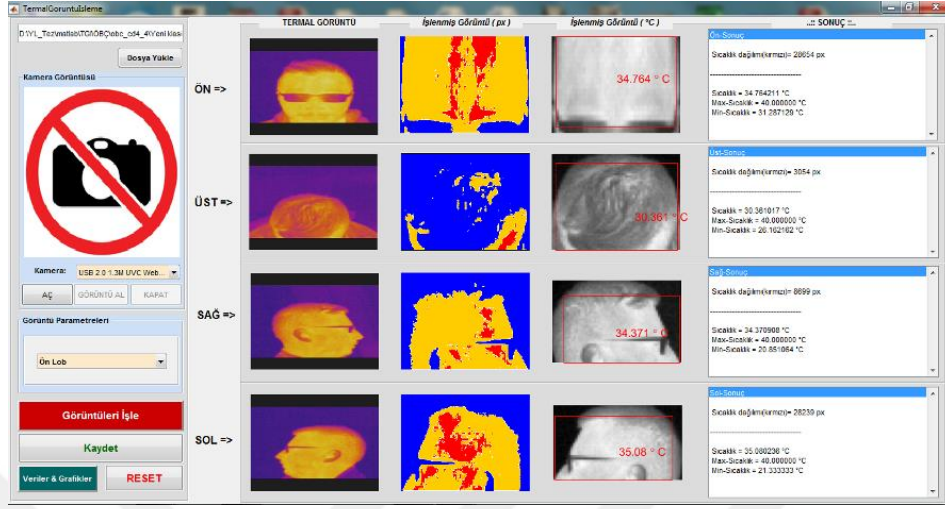
Şekil 3.12. Basamaklandırılmış sınıflandırıcı

Göz bölgesinin Şekil 3.13.'de beyaz ile gösterilen alt bölgeden daha karanlık olmasından yola çıkılarak göz tespit edilebilir. Aynı zamanda yanakların parlaklık oranının burun bölgesindeki parlaklık oranından daha düşük olması ile burun kısmı da seçilebilir. Buna benzer birçok özellikler içinde nesnenin bulunduğu resimler üzerinden geçirilerek değerler oluşturulur. Örneğin yüz taramasında ağız, burun, alın, saç gibi bölgelerde birçok karanlık aydınlık özellikleri oluşturulacaktır. Bunların her birinden hedef değerler oluşturulmaktadır. Ve bu işlem çerçeve büyüklükleri değiştirilerek diğer aşamalarda tekrar edilmektedir.



Şekil 3.13. Çerçevelerin pozitif resim üzerinde taranması

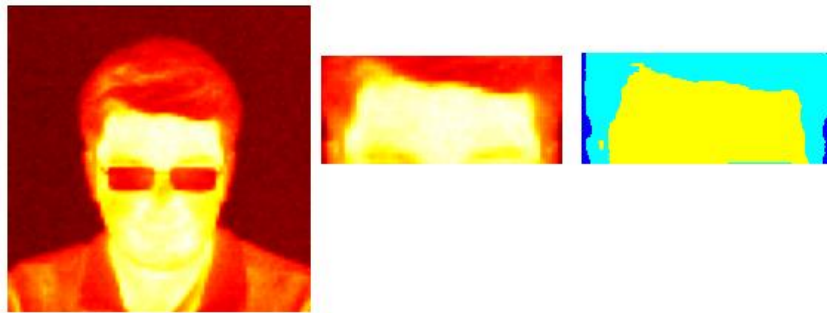
Alın yani ön lobun tespit edilmesi için gözlerin bu yöntemle tespitinden yola çıkılarak gözlerden üstte kalan kısım kırılarak alındı. Böylelikle istenilen gölge elde edilmiş oldu. Bu görüntü üzerinde gerekli morfolojik işlemlerin ardından sadece ilgili kısım kesilmiş ve standart bir boyuta getirilmiştir.



Şekil 3.14. Termal görüntülerin işlenmesi

Termal görüntü işleme programının görüntü işleme aşaması Şekil 3.14.'de görüldüğü gibidir. Burada sıcaklık tespiti için ilk olarak piksel yoğunluğu kullanılarak eşikleme ile görüntü üç renk bölgesine ayrılmıştır. Piksel yoğunluğuna göre ayrılan bölgelerin piksel sayısı belirlenmiştir. Bu şekilde çok sıcak, orta ve düşük sıcaklık bölgeleri bulunmuştur.

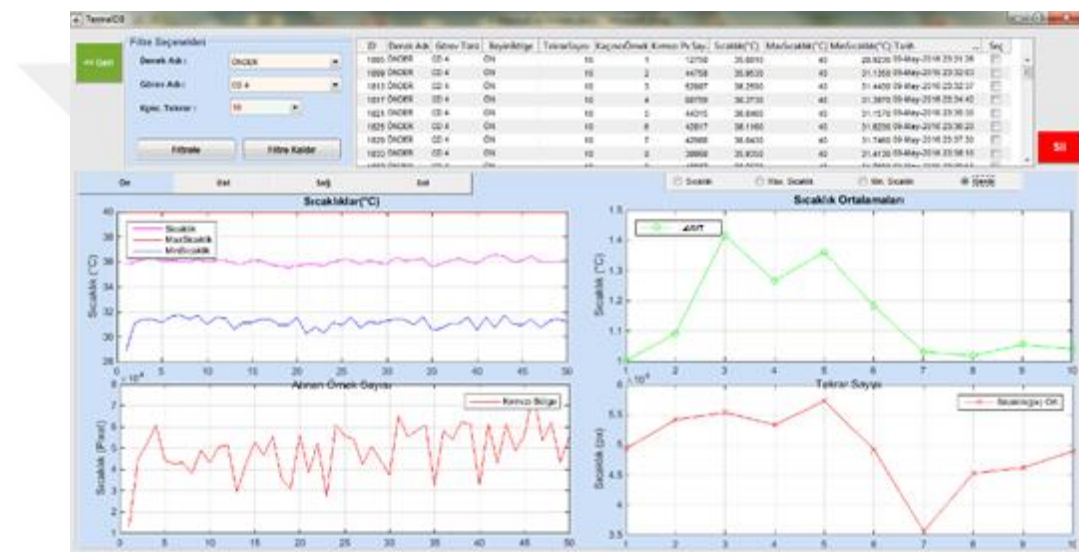
Derece bazında sıcaklık tespiti içinse görüntü imguidedfilter metodu sınırlar korunarak yumuşatılmış ve gürültüden arındırılmıştır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki bu yöntem güdümlü filtre bilgisayar görmesi ve bilgisayar grafik uygulamaları için oldukça başarılı ve etkindir (Kaiming ve ark., 2013).



Şekil 3.15. Termal görüntüden alın tespiti

Şekil 3.15.' de görüldüğü gibi denekten önce alın tespiti yapılmış ardından kullanılan bu filtre ile görüntü hem gürültüden arındırılmış hem de sınırları korunmuştur. Bu işlemin akabinde bölge özellikleri çıkarılmış ve saç ile ten ayırt edilmiştir. Belirlenen bu ten kısmının sıcaklığı ise bu bölgenin piksel yoğunluğunun ortalaması alınarak belirlendi.

Görüntüden elde edilen sıcaklıkla ilgili veriler formdaki listbox'lara yazıldı. Kaydet butonu ile de bu değerlerin ilgili deneğin adı, görevi ve görev tarihiyle veri tabanına kayıt işlemi gerçekleştirildi.



Şekil 3.16. Kayıtlı verilerin grafiklenmesi

Veri tabanına kaydedilen bu veriler ise hazırlanmış ikinci bir form ile görevlerin tekrarı sonucu oluşan değerlerin grafiklendiği Şekil 3.16. görülmektedir. Bu sayede sıcaklık verilerinin yorumlanması sağlandı.

3.2.2. Temaslı sıcaklık tespiti ve değerlendirilmesi

Termal kamera ile elde edilen sıcaklık değerlerinin doğruluğunu sağlamak adına ikinci bir yöntem olarak Lilypad Main Board ve SHT11 sıcaklık sensörü ile tasarlanmış olan alın kısmı için sıcaklık ölçüm bandajı kullanıldı. Main Board üzerindeki ATmega32u4 işlemcinin yazılımı için C programlama dili kullanıldı. Buradan elde edilen veriler seri port ile bilgisayara aktararak gerçek zamanlı sıcaklık takibi yapıldı. Görev sonunda ise elde edilen maksimum, minimum, ortalama sıcaklıklar ile Δ MMT değerlerinin veri

tabanına kayıt işlemi gerçekleştirildi. Bu işlemler için C# platformunda geliştirilen yazılım kullanıldı.

Devrenin Yapımı

Devre yapımı için Lilypad Usb Main Board, Lilypad Led, SHT11 Sıcaklık sensörü, iletken ip ve iletken kablo kullanılmıştır.

Öncelikle SHT11 sensörü üzerine verilerin doğru okunması için gerekli olduğu görülen 10k'lık bir direnç VDD ve DATA ayakları arasına lehimlendi. Belirlenen bir kumaş üzerine sensörler kumaşın dış kısmında kalacak şekilde dikildi. Lilypad Main Board ise kumaşın diğer yüzüne monte edildi. Lilypad Ledler ise sensörlerin durumuna göre yanması için kumaşın ön tarafına iletken ipler ile dikildi ve devre ile iletişimi sağlandı.



Şekil 3.17. Senörlerin ve ana kartın kumaş üzerine dikilmesi

Sensörler ve ana kart gibi gerekli bileşenlerin Şekil 3.17.'deki gibi kumaşa dikilmesiyle kişinin kafasını saracak şekilde bir yapı olan bandaj tasarlandı. Bu kumaşın gerektiğinde arıza veya beklenmedik bir durumda devreye müdahale edilebilmesi için bu bandaj istenildiğinde içi açılacak şekilde tasarlandı.



Şekil 3.18. Bandajın ön ve arka yüzü

Tasarlanan bandajın son hali Şekil 3.18.'de görülmektedir.

Lilypad Usb Main Board'un Programlanması

Üzerinde Arduino bootloaderlı ATmega328 işlemci bulunduran LilyPad Arduino (Main Board) kartı C programlama dili ile geliştirilen yazılım yüklenmiştir. Bu yazılım ile sensörlerden sıcaklık değerlerinin okunması ve seri porta yazılması sağlanmıştır. Ayrıca bandaj üzerindeki ledlerin sensörlerin çalışma durumuna göre yanıp sönmeleri programlandı.

Seri Porttan Verilerin Okunması ve Kaydedilmesi

Lilypad Usb Ana Karttan seri porta gönderilen değerler C# ile geliştirilen yazılım sayesinde gerçek zamanlı okunmuştur. Dört sensörden okunan verilerin anlık olarak grafiğe aktarılmış ve izlenmiştir. Ayrıca veri tabanına kayıt işlemi yine bu yazılım ile yapılmış, kaydedilen sıcaklık değerlerinin grafiklenmesi ve yorumlanması bu yazılım ile sağlanmıştır.

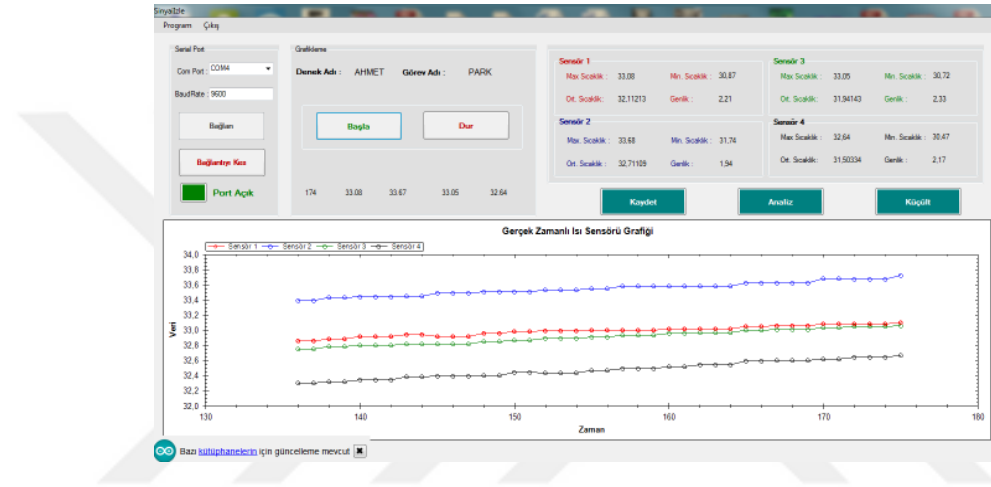
Devrenin ve Yazılımın Kullanılması

Temaslı sıcaklık tespitinde olduğu gibi denekten belirli bir aktivitenin yapılması istenilir. Kumaşa dikilmiş veri toplama devresi(bandaj) sensörlerin alın kısmına gelmesine dikkat edilerek Şekil 3.19.'deki gibi deneğin başına takılır. Usb (evrensel seri veriyolu) kablosu ile bilgisayara bağlanır.



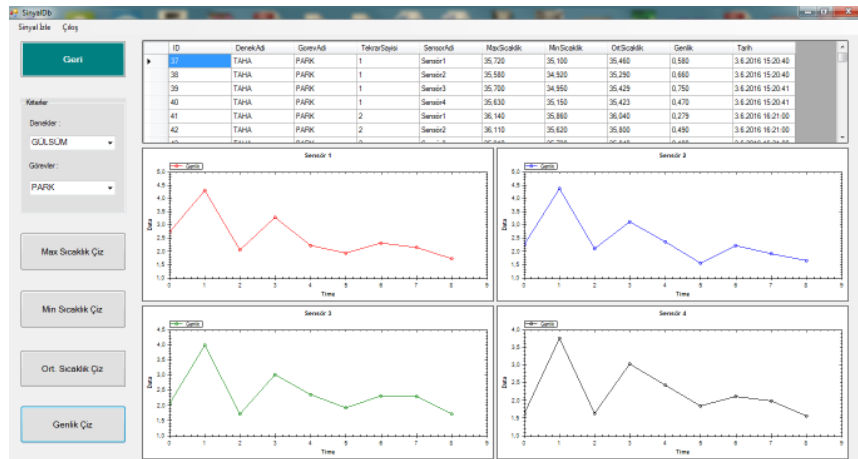
Şekil 3.19. Bandajın uygulama görünümü

C# ortamında yazılan bilgisayar programı açıldığında kullanıcıdan denek adı ve görevin isminin girilmesi istenir. Girilen veriler ile açılan yeni form sayfasında geliştirilen yazılımla seri porttan gelen sıcaklık değerleri okunup gerçek zamanlı olarak grafiğe aktarılması sağlanır. Şekil 3.20.'de görüldüğü üzere bu aktarım sırasında anlık sıcaklık değerlerinden maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve Δ MMT değerleri form üzerine kullanıcının görebileceği şekilde yansıtılmıştır. Görev sonunda ise bu verilerin veri tabanına kaydı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.20. Programın çalışırken görünümü

Veri tabanına kaydedilen görüntüler Şekil 3.21.'de görülen, programdaki diğer bir forma geçilerek belirtilen kriterler ile denegin görev tekrarları neticesinde oluşan veriyi grafiklendirilmesi ve yorumlanabilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.21. Programda veri tabanındaki değerlerin grafiğe yansıtılması

4. BULGULAR

Bu araştırmada insanın beyin sıcaklığının kişinin yaptığı aktivitedeki yetisi arasındaki ilişki incelenirken farklı yaş ve cinsiyet guruplarından belirli zaman aralıklarında belirli görevler için sıcaklık değeri örnekleri alınmıştır. Elde edilen bu örneklerin matematiksel ve grafiksel karşılaştırılması yapılmıştır.

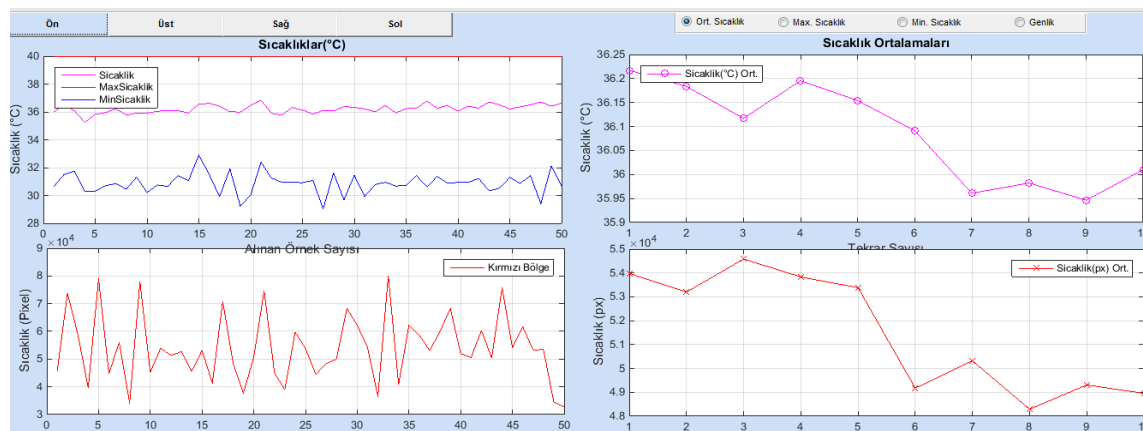
4.1. Temassız Sıcaklık Tespiti ile Elde Edilen Veriler

Bu yöntemde deneklerin ilgili görevi ardışık günlerde yapması sağlanmıştır. Her günkü görev esnasında baş kısmının ön, üst, sağ ve solundan ortalama 50 şer adet termal görüntü elde edilmeye çalışıldı. Bu görevin yaklaşık 10 gün boyunca tekrarlanması sağlandı. Matlab yazılım geliştirme ortamında geliştirilen yazılım sayesinde bu görüntüler piksel ve santigrat ($^{\circ}\text{C}$) bazında incelendi. Temassız sıcaklık tespiti için beş farklı denek üzerinde çalışıldı.

Her bir denekten elde edilen bulgular şu şekildedir;

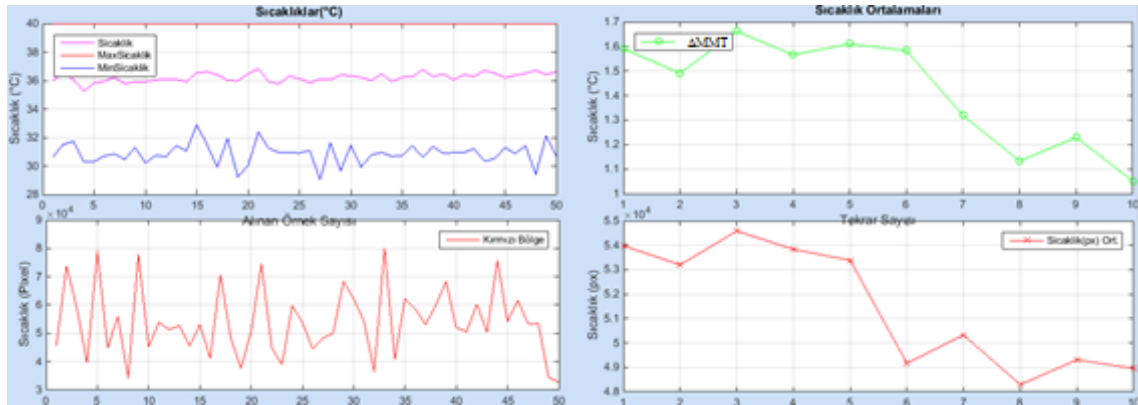
4.1.1 Denek-1 için bulgular

24 yaşında erkek olan Denek-1'den Call of Duty adlı bilgisayar oyununun belirli bir bölümünü 04.04.2016 tarihinden başlayarak 10 gün boyunca her gün oynaması istenmiştir. Bu esnada elde edilen termal görüntüler geliştirilen yazılım ile incelendiğinde ön lob için Şekil 4.1.'deki sıcaklık grafik verileri ortaya çıkmıştır.



Sekil 4.1. Denek-1'in beyin ön lobunun sıcaklık grafikleri

Şekil 4.1.'de sol üst taraftaki grafik, ilgili görevin birinci tekrarı sırasında 50 tane termal görüntü örneğinin işlenmesiyle elde edilen sıcaklık değerini gösterir grafikdir. Görüldüğü üzere beyin ön lob sıcaklığı 36°C civarında seyretmiştir. Her tekrar için benzer grafik değerlerine ulaşılması bu değerlerin yorumlanmasını güçleştirdiği anlaşıldı. Bu amaçla her tekrar için alınan 50 adetlik termal görüntü setlerinin ortalama sıcaklığı ve maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık arasındaki değer farkından oluşan değer alınarak tekrar bir grafik elde edildi. Ortalama sıcaklık grafiği Şekil 4.1.'de sağ üst taraftaki grafikdir. Grafikten de görüldüğü üzere görevin ilk tekrarındaki sıcaklık ortalaması 36.21°C iken altıncı tekrarda bu ortalama sıcaklık 36. 1°C olmuştur. Yine grafikten anlaşılabileceği gibi altıncı gün tekrarının ardından gelen günlerde ortalama sıcaklık değeri yaklaşık olarak 35.96°C seviyesinde olduğu gözlemlenmiştir. Görev tekrarlarındaki ortalama sıcaklık farklı tekrarlarda kısmi artışlar göstermiştir. Bu artışlar görev tekrar anındaki ortam sıcaklığı, deneğin o anki farklı vücut sıcaklığı gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Buna rağmen ilk görev günündeki ortalama sıcaklık değerine göre son görev günündeki ortalama sıcaklık 0.25°C azaldığı belirlenmiştir. Kullandığımız yöntemin hassasiyetine göre ortalama sıcaklık değerinde bir azalma olmasına rağmen tek başına öğrenme yetisi kazanılıp kazanılmadığını tespit etmede yeterli değildir.

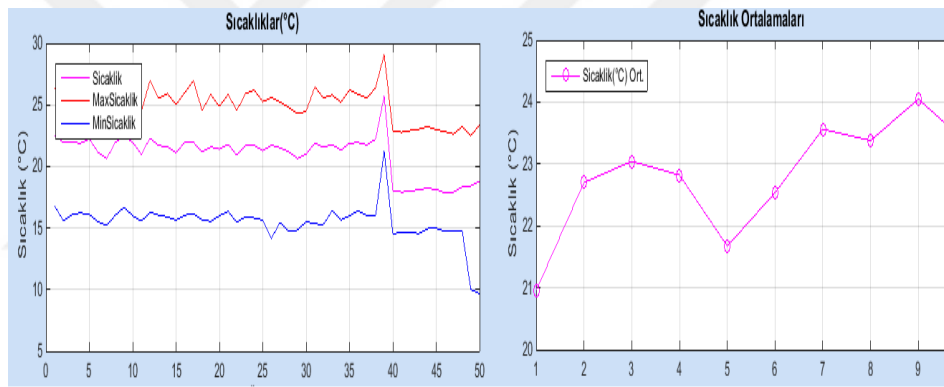


Sekil 4.2. Denek-1'in beyin ön lobunun ilk görev tekrarındaki sıcaklığı ve Δ MMT grafiği

İlgili deneğin her tekrarındaki maksimum ve minimum sıcaklık farkından ulaşılan değerin (Δ MMT) grafikleştirilmesi Şekil 4.2.'de sağ üst tarafta olduğu gibi gerçekleşmiştir. Buna göre maksimum ile minimum sıcaklık fark değeri ilk tekrarda

1.6°C olarak bulunmuş akabindeki beş günlük görev tekrarı süresince benzer seviyede seyretmiştir. Ama yedinci görev gününden sonra 1.2°C seviyesine gerilemiş ve son günde bu değer 1.05°C olmuştur. Bu da bize yedinci görev tekrarının ardından öğrenmenin gerçekleştiğini göstermiştir. Ortalama sıcaklık verileri ile karşılaştırıldığında öğrenme yetisinin tespiti için Δ MMT'nin daha anlamlı olduğu görüldü.

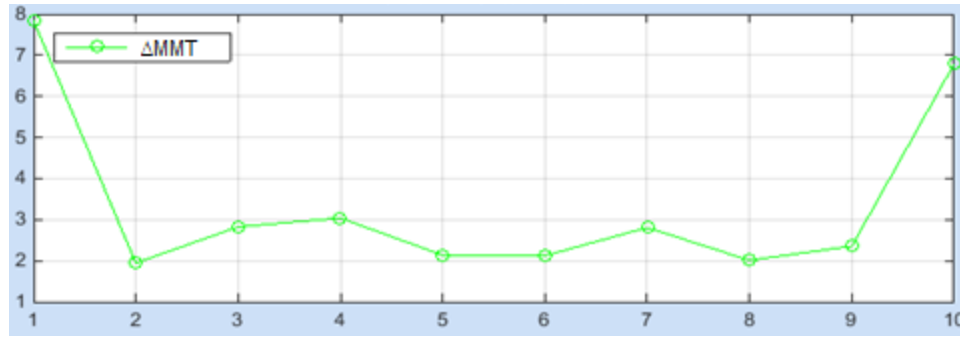
Ön lob sıcaklığının piksel bazında incelendiğinde ise her tekrar için inişli çıkışlı bir grafik verisi gözlemlense de bu tekrarların ortalama değeri alınarak yeni bir grafik oluşturulduğunda bunun sıcaklık ortalama grafiği ile görevlerdeki maksimum sıcaklıkla minimum sıcaklığın farkından elde edilen grafiği destekler nitelikte olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3. Denek-1'in beyin üst lobunun °C cinsinden termal sıcaklığı

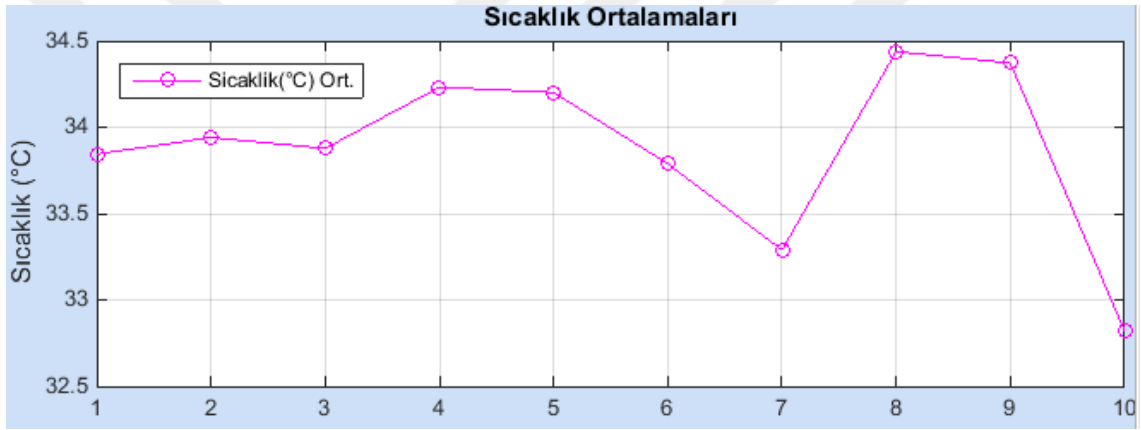
Benzer incelemeler üst lob için yapıldığında ise bu denek için sıcaklık ortalama değerinin görevi tekrar ettikçe arttığı Şekil 4.3.'te sağ taraftaki grafikten anlaşıyor. Görevin birinci tekrarı sırasında üst lobun termal sıcaklığını gösteren Şekil 4.3.'te sol taraftaki grafikten anlaşılabileceği üzere denekten alınan 50 sıcaklık örneğinden sıcaklık değerinin 21°C ile 25°C aralığında seyrettiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.4.'teki Δ MMT grafiğine göre görevin ilk tekrarında bu fark değeri 8°C iken ilerleyen görev günlerinde 2 ile 3°C bandında seyretmiş ve son görev tekrarı olan onuncu günde 7°C olmuştur. Buradan anlaşılabileceği üzere üst lob sıcaklık verisi anlamsızdır. Nedeni ise deneğin saçından dolayı hassas termal ölçüm yapılamamasıdır. Bu sebepten ötürü piksel bazında sıcaklık değerleri de üst lob için öngörüldüğü gibi gerçekleşmemiştir.

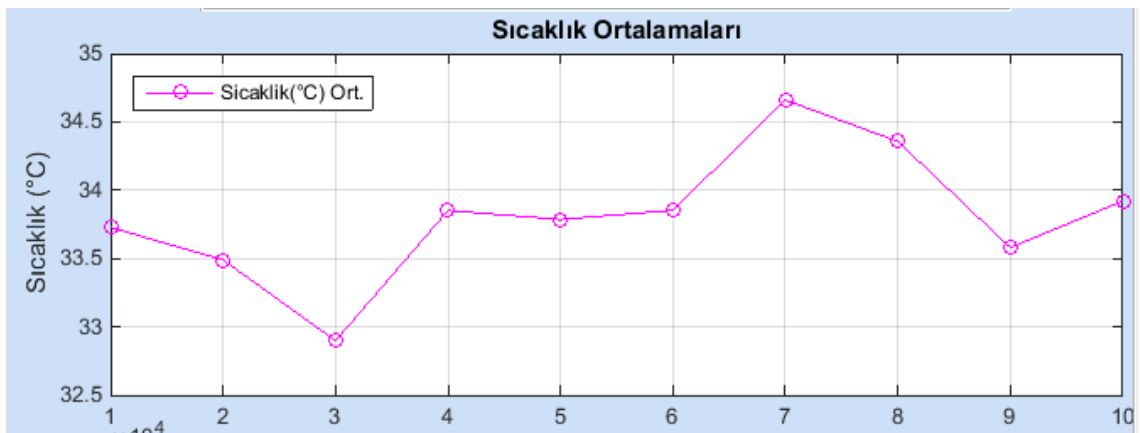


Şekil 4.4. Denek-1'in beyin üst lobunun ΔMMT grafiği

Denek1'den alınan sağ ve sol lob termal verileri grafikleştirildiğinde ise Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'daki tablo ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.5. Denek-1'in °C cinsinden sağ lob sıcaklık ortalamaları grafiği



Şekil 4.6. Denek-1'in °C cinsinden sol lob sıcaklık ortalamaları grafiği

Denek1 için sağ ve sol lob sıcaklık ortalamaları grafiklerinin yine deneklerin saçlarından dolayı hassas ölçüm yapılamaması sebebiyle öngörülen şekilde olmamıştır.

Tekrar sayıları ile sıcaklık değişimi arasındaki ilişki saptanamamıştır. Bu sonuç sağ ve sol lobun Δ MMT değerleri incelendiğinde de görülebilmektedir.



Şekil 4.7. Denek-1'e ait sağ Δ MMT grafiği

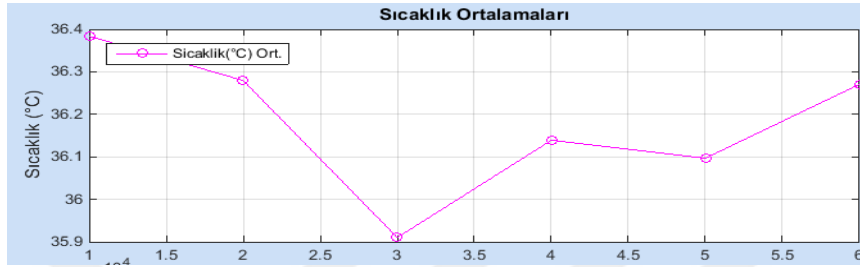


Şekil 4.8. Denek-1'e ait sol lob Δ MMT grafiği

Üst, sağ ve sol lobun sıcaklık verilerinin yer yer beklenen şekilde olsa da diğer deneklerden elde edilen veriler ışığında genel olarak bu veriler öngörüldüğü şekilde olmamıştır. Çünkü tekrar sayısına ve öğrenmenin gerçekleşmesine rağmen sıcaklık verileri belli oranlarda azalmamıştır. Bazı görev tekrarlarında yükselmeler meydana gelmiştir. Buna nazaran ön lob verileri tekrar sayısı ve öğrenmenin otomatikleşmesi neticesinde azalma eğiliminde olmuştur. Bundan dolayı ön lobdan elde edilen verilerin daha anlamlı olduğu anlaşılmış ve bu bölgeden elde edilen verilere odaklanılmıştır. Ön lob verileri yazılım tarafından işlendiğinde Δ MMT verileri tekrar sayısına bağlı olarak azaldığından öğrenme yetisinin gerçekleşmesinin tespiti bu veriler kullanılarak yapılmıştır.

4.1.2 Denek-2 için bulgular

Denek2 18 yaşında bir erkektir. Counter Strike isimli oyundan belirlenen bir bölümü 6 gün boyunca her gün aynı zorluk seviyesinde oynamış ve başarılı olmaya çalışmıştır. Görevi her tekrarında başarıyla tamamlamış fakat son tekrarlarında başarı hızı artmıştır.



Şekil 4.9. Denek-2'nin °C cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği

Bu denek için elde edilen ön lob ortalama sıcaklık grafiği Şekil 4.9.'deki gibi gerçekleşmiştir. Görevin ilk tekrarı sırasındaki termal verilerin ortalama sıcaklığı 36.4°C olmuştur. Üçüncü görev tekrar günü kadar ön lob ortalama sıcaklığı 35.9°C kadar düşmüş sonraki günlerde tekrar artışa geçmiş ve son görev günü 36.3°C dereceye ulaşmıştır. Elde edilen bu netice göre ön lob sıcaklık ortalaması öngörülen şekilde gerçekleşmemiştir. Ancak Şekil 4.10.'da görev tekrarı sırasındaki maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklığın farkını gösteren grafik verileri öngörülen şekilde gerçekleşmiştir.

Şekil 4.10.'de görüldüğü üzere ilk görevde Δ MMT değeri 1.1°C olmuş, ikinci tekrarda bu değer 1.4°C dereceye çıkmıştır. Ardından gelen günlerde bu değer her tekrarda azalma eğiliminde olmuştur. Son görev günü olan altıncı görev gününde maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık farkı 0.85°C değerine gerilemiştir.



Şekil 4.10. Denek-2'nin ön lob Δ MMT grafiği

Şekil 4.10.'de görüldüğü üzere ilk görevde Δ MMT değeri 1.1°C olmuş, ikinci tekrarda bu değer 1.4°C dereceye çıkmıştır. Ardından gelen günlerde bu değer her tekrarda azalma eğiliminde olmuştur. Son görev günü olan altıncı görev gününde maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık farkı 0.85°C değerine gerilemiştir.



Şekil 4.11. Denek-2'nin ön lob piksel cinsinde ortalama sıcaklık değişim grafiği

Piksel cinsinden ortalama sıcaklık grafiği bu denek için öngörülen biçimde olmamış görev tekrarı arttıkça bu değer de artmıştır. Bu nedenle öngörülen veriler elde edilememiştir.

Öncesinde bahsedilen denekte olduğu gibi bu denekte de üst, sağ ve sol loblardan elde edilen verilerden denek saçından dolayı istenilen sonuçlara ulaşamamıştır.

4.1.3 Denek-3 için bulgular

Cinsiyeti erkek olan bu denek 28 yaşındadır. Call of Duty isimli bilgisayar oyunundan belirlenen bir bölümü, belirli bir zorluk seviyesinde 10 gün süresince oynamıştır. Her gün aynı bölümü oynaması istenmiş ve denek bu seviyeyi geçmeye çalışmıştır. Oyunun ilgili bölümünü beşinci tekrarında başarıyla tamamlamış ve buda sıcaklık grafiklerine yansımıştır. Beynin belirlenen kısımlarından alınan termal sıcaklık değerlerinin değişimi aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

Ön lob sıcaklık değerlerinin ortalamasının değişimini gösteren Şekil 4.12.'daki grafik incelendiğinde görev tekrar günü ilerledikçe ilgili tekrarın ortalama sıcaklığı azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.12. Denek-3'ün °C cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği

Başlangıçta sıcaklık ortalaması 36.1°C derece olduğu ve görevi beşinci kez tekrar edinceye kadar sıcaklık ortalamasında orantılı bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Beşinci tekrar sıcaklık ortalaması da 36.4°C derece olmuştur. Sonraki görev tekrarlarında ortalama sıcaklık değeri azalmış ve görev tekrarları tamamlandığında 35.95°C seviyesinde dengelenmiştir. Şekil 4.13.'deki grafiği görülen piksel bazında sıcaklık ortalaması da Şekil 4.12.'dakiyle paralel seyrettiği görülebilmektedir.



Şekil 4.13. Denek-3'ün piksel cinsinden ön lob ortalama sıcaklık değişim grafiği

Bu denekle ilgili görev tekrarları esnasında elde edilen maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık fark değerlerine bakıldığında da 1.3°C derece seviyesinden 0.9°C dereceye gerilediği görülmektedir.

Grafiklerin tümünden de anlaşılabilirdi üzere denegin görev tekrarlanması neticesinde artan yetisi sayesinde ortalama sıcaklık ve görev anındaki Δ MMT değerinin öngörüldüğü gibi azaldığı saptanmıştır.



Şekil 4.14. Denek-3'ün ön lob Δ MMT grafiği

Diğer deneklerde de olduğu gibi istenilen sonuçlar alınamaması neticesinde ön lob dışındaki bölgelerin sıcaklık değişimi üzerinde durulmamıştır.

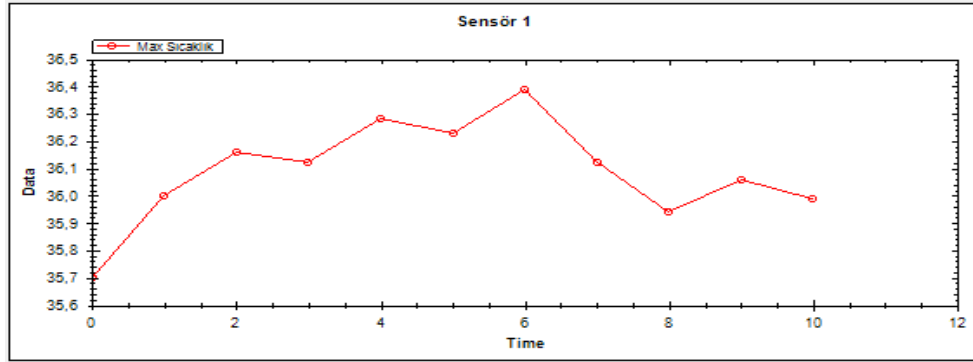
4.2. Temash Sıcaklık Tespiti ile Elde Edilen Veriler

Temash sıcaklık tespiti için geliştirilen tasarım başa takılarak beyin ön lobunun anlık sıcaklık verilerinin bilgisayara aktarılmasıyla incelenebilmektedir. Tasarım üzerine bu sıcaklık verisini okuyacak dört adet SHT11 sıcaklık sensörü yerleştirilmiştir. Bilgisayarda elde edilen bu verileri işleyecek yazılım C# programlama dili yardımı ile geliştirildi. Geliştirilen yazılım sayesinde anlık sıcaklık verisinden, maksimum, minimum, ortalama ve maksimum ile minimum sıcaklık değerlerinin farkından sağlanan fark değeri üretilmiştir. Görev tekrar sonrasında bu veriler program veri tabanına kaydedilmiş ve anlamlandırılmasına çalışılmıştır. Bu amaçla elde edilen sıcaklık verileri denekler özelinde şu şekilde olmuştur,

4.2.1. Denek-4 için bulgular

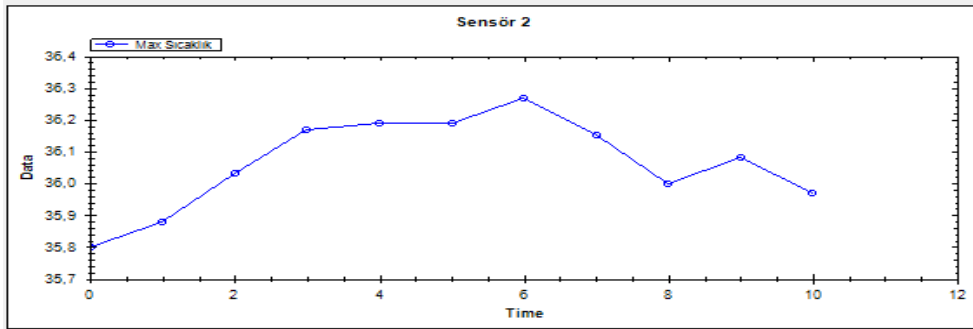
Ön lob sıcaklığı dört sensör vasıtası ile incelenen bu denek 27 yaşında bir erkektir. Call of Duty adlı bilgisayar oyununu yine istenilen bir bölümünü 11 kez farklı zamanlarda oynamıştır. İstenilen başarıyı altıncı görev tekrarında elde etmiştir. Deneğin ilgili görevdeki başarısı sıcaklık değerlerinin gösterildiği grafiklerden anlaşılmaktadır.

Bu tekrarlar esnasında elde edilen verilerden her bir sensörün ayrı ayrı tespit ettiği maksimum sıcaklık değerleri incelendi.



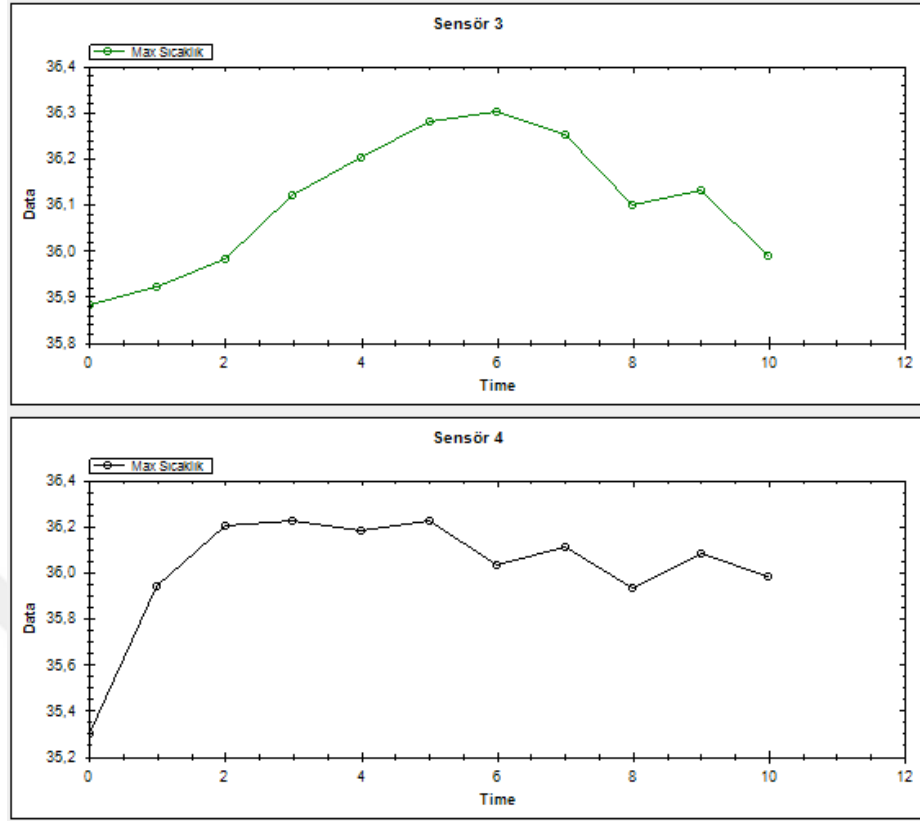
Şekil 4.15. Denek-4'ün sensör 1 için ön lob maksimum sıcaklığı

Burada kullanılan dört sensör özdeş oldukları için görev tekrarlarında hemen hemen aynı değerleri üretmişlerdir. Şekil 4.15.'deki gibi oluşan grafiğe bakılırsa görevin ilk tekrarında 35,7°C derece olan sıcaklık değeri yedinci görev tekrarına kadarki her görev tekrarında kademe kademe artış göstermiştir. Yedinci tekrarda ölçülen maksimum sıcaklık 36,4°C mertebelerinde olmuştur. Sonraki adımlarda öngörülen yetinin gelişmesi veya iyileşmesi neticesinde bu sıcaklık 36°C derece mertebelerinde sabitlenmiştir.



Şekil 4.16. Denek-4'ün sensör 2 için ön lob maksimum sıcaklığı

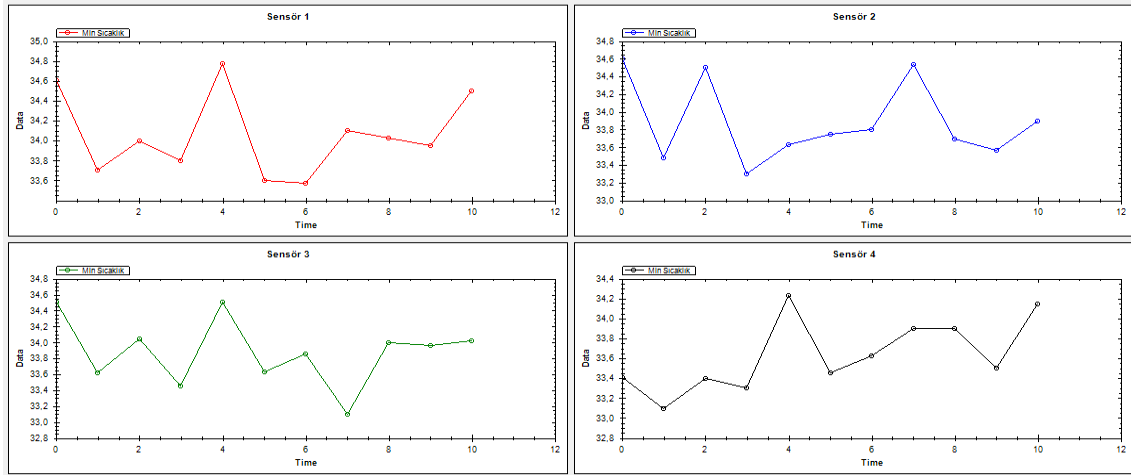
Şekil 4.16.'de gösterilen sensör 2'den elde edilen sıcaklık verileri grafiği küçük değişiklikler dışında sensör 1 grafiği ile paralel doğrultuda olmuştur. Sensör 1'in tüm tekrarlarında maksimum ölçtüğü sıcaklık 36,4°C iken sensör 2'de bu 36,3°C olmuştur. Ancak yine yedinci tekrardan sonra grafik dengelenmiş ve sıcaklık değeri bir nebze azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.17. Denek-4'ün sensör 3 ve sensör 4 için ön lob maksimum sıcaklığı

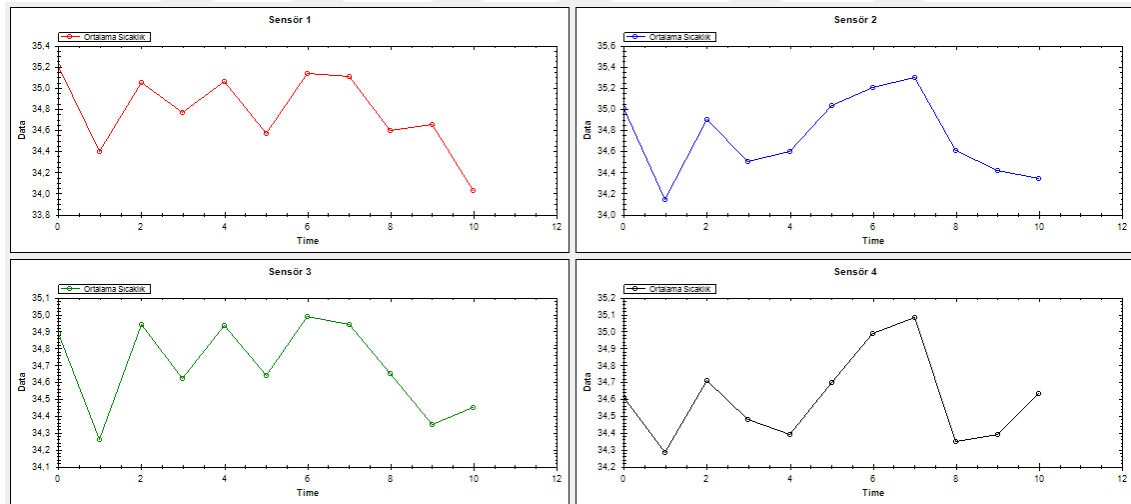
Diğer sensörlerin de benzer değerler ürettiği Şekil 4.17'te anlaşılmaktadır. Buradan da görülüyor ki görev başarıyla sonlandırılana dek tekrar sayısı arttıkça sensörlerden okunan maksimum ön lob sıcaklığı artmaktadır. Görev başarıyla tamamlandıktan sonraki tekrarlar da ise bu sıcaklık azalmıştır. Sonrasındaki tekrarlar da görev yetisi gelişip görev başarıyla gerçekleştikçe sıcaklık dengelenmiştir.

Denek4 için sensörlerden elde edilen minimum sıcaklıklar ise öngörülen şekilde olmamıştır. Görev tekrar sayısı ile bu sıcaklığın artması veya azalmasının alakası saptanamamıştır. Dört sensörde elde edilen minimum sıcaklıklar grafiği Şekil 4.18.'teki gibidir.



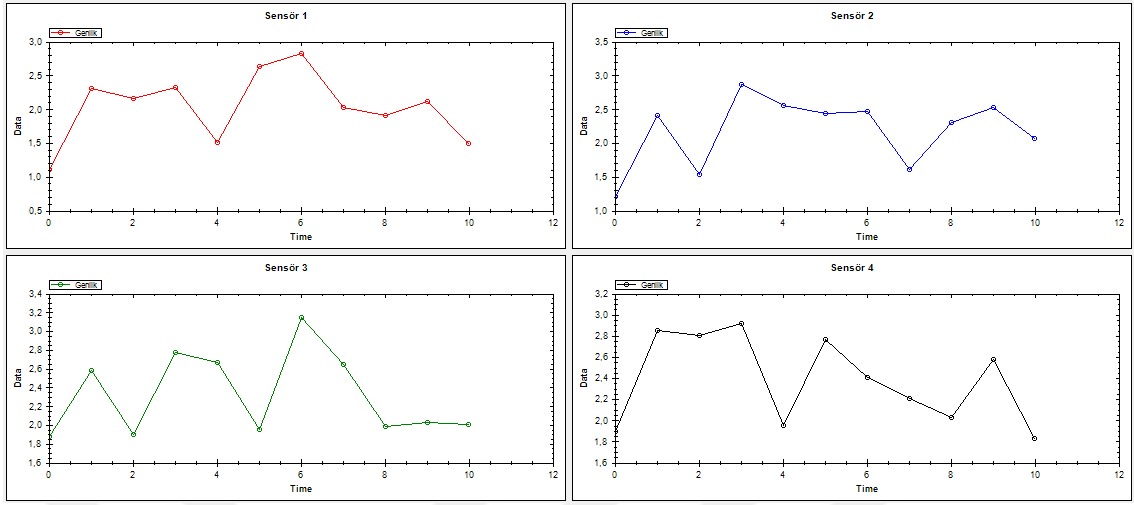
Şekil 4.18. Denek-4'ün ön lob minimum sıcaklığı

Her sensör için alınan sıcaklık verilerinin ortalamalarını gösteren ortalama sıcaklık grafiğine bakıldığında bu verilerin de tekrar sayısı ve görev yetisi ile kıyaslanacak veri oluşturmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.19. Denek-4'ün ön lob ortalama sıcaklığı

Denek-4 için maksimum sıcaklık verisi öngörülen şekilde olmuştur fakat minimum sıcaklık grafiği tekrar sayısından alakasız davranması Δ MMT değerini de etkilemiştir. Bu fark değeri grafiği Şekil 4.20.'da görev tekrarlarından bağımsız artış ve azalış göstermiştir.

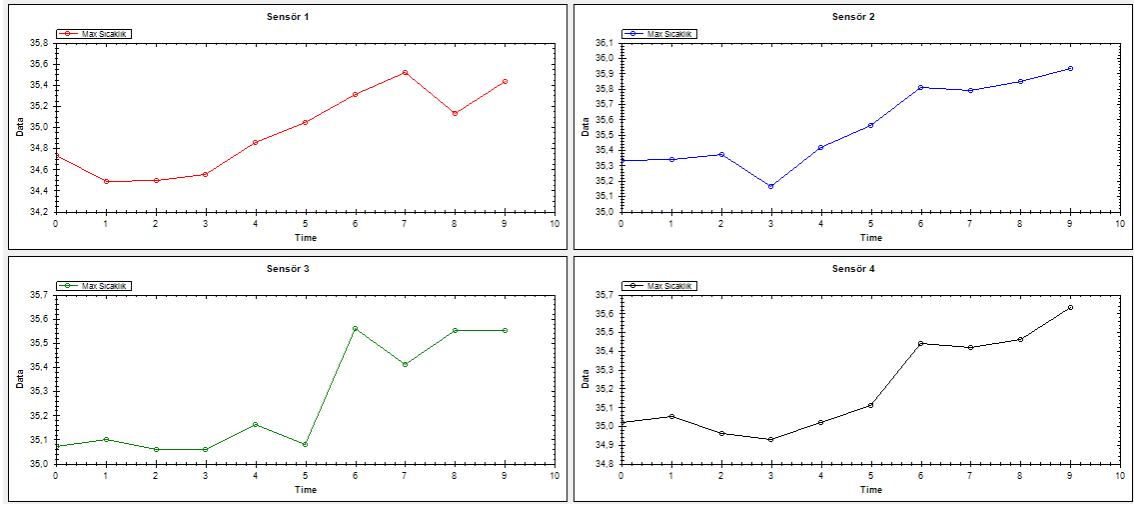


Şekil 4.20. Denek-4'ün ön lob Δ MMT grafiği

Bu veriler ışığında Denek4 için bize en uygun veriyi sensörlerden elde edilen maksimum sıcaklık değerleri vermiştir.

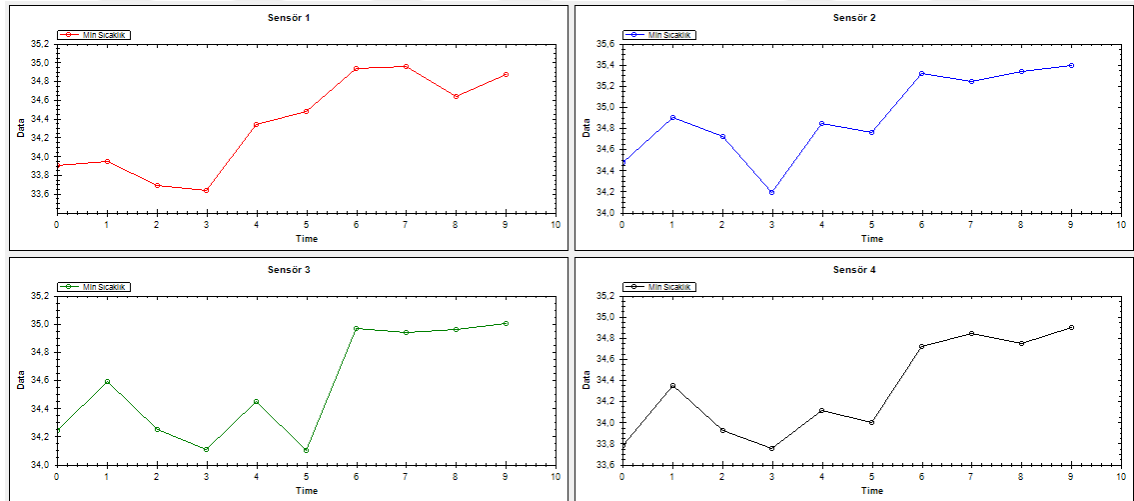
4.2.2. Denek-5 için bulgular

Denek Counter Strike isimli oyunun on kez aynı bölümünü aynı zorlukta oynamış ve bu esnada deneğin beyin ön lobundan sıcaklık ölçüm tasarımı sayesinde çeşitli veriler elde edilmiştir. Bu verilerden incelemeye maksimum sıcaklık verisinden başlayacak olursak denek görevi ilk kez tekrar ettiğinde dört sensörden de yaklaşık 35°C derece gibi bir sıcaklık elde edilmiştir. Tekrar sayısı ilerledikçe tekrarlar sırasında sensörlerden okunan maksimum sıcaklık değeri artmıştır. Artış sıcaklığı son görev tekrarlarında 35.9°C derece seviyesine kadar ulaşmıştır. Bu veri de deneğin görevi başarmada zorlandığını bize göstermiştir. Özdeş sensörlerin her biri yaklaşık benzer veriler üretmiştir. Bu verilerin Şekil 4.21.'de onuncu görev tekrarına kadar artmakta olduğunu görülmektedir.



Şekil 4.21 Denek-5'in ön lob maksimum sıcaklığı

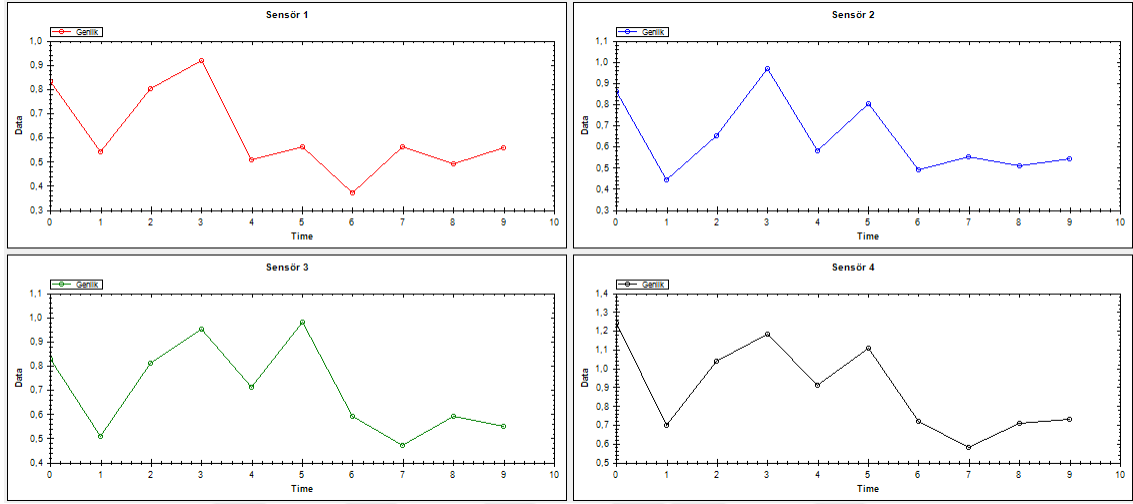
Görev tekrarlarında minimum sıcaklığı gösterir grafik olan Şekil 4.22.'de minimum sıcaklığın tekrarlar süresince arttığı görüldü. Minimum sıcaklık yaklaşık 34°C'tan 35°C'a yükselmiştir.



Şekil 4.22. Denek-5'in ön lob minimum sıcaklığı

Denekten alınan sıcaklık verilerinin ortalaması da benzer şekilde olmuştur. İlk tekrarlar son tekrarların ortalamasına göre daha düşük olduğu tekrar sayısı arttıkça da ortalama sıcaklık verisinin yükseldiği anlaşıldı.

Bu sıcaklık değerleri artış göstermesine rağmen görev tekrarlarında elde edilen Δ MMT değeri görev tekrarı arttıkça azalma eğiliminde olmuştur.



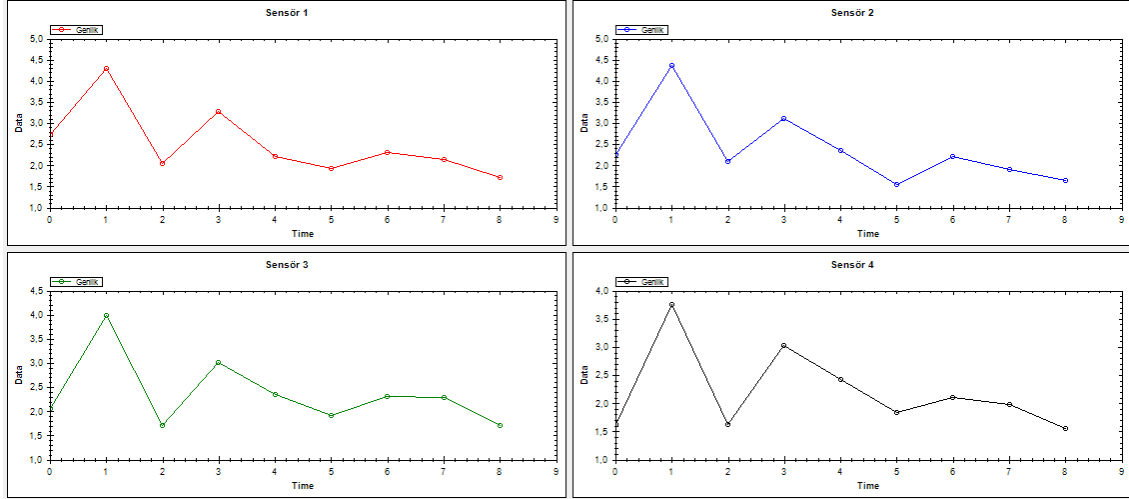
Şekil 4.23. Denek-5'in ön lob Δ MMT grafiği

İlk tekrarlarında Δ MMT değeri $0.8 - 0.9^{\circ}\text{C}$ iken altıncı tekrardan sonra bu değer azaldığı Şekil 4.23.'den anlaşılmıştır. Son görev tekrarları olan onuncu ve dokuzuncu tekrarlarında bu değer $0.5 - 0.6^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Denek5 için görev tekrarları esnasında elde edilen Δ MMT değeri öngörülen seviyededir. Görev yetisi ve başarısı arttıkça azalmıştır.

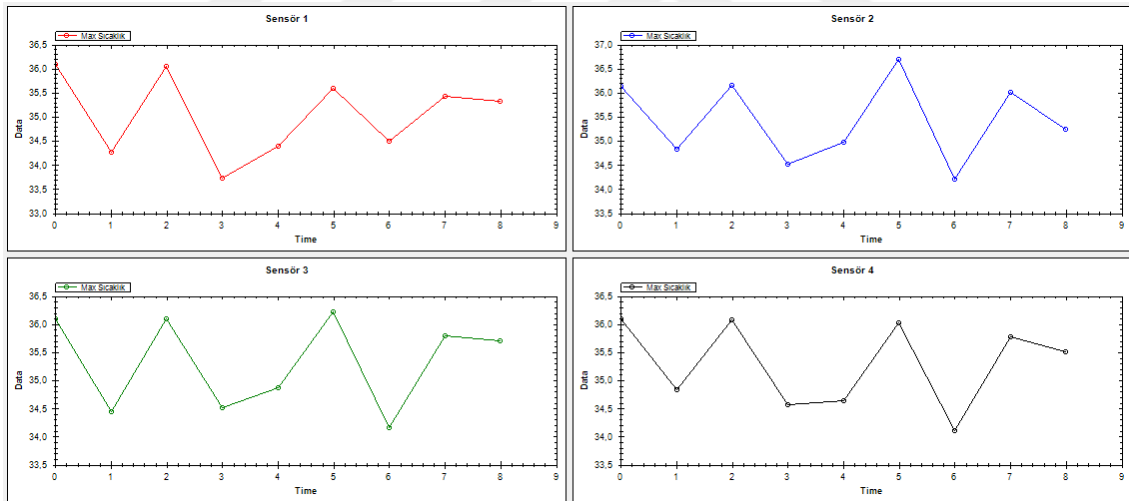
4.2.3. Denek-6 için bulgular

Denek-6 otomobil ehliyetine sahip ama otomobili park etmekte zorlanan bir bayandır. Dubalardan bir otomobili park edilebilecek kadar mesafe bırakılarak park edilecek bir alan ayarlanmıştır. Denekten bu dubalar arasına otomobili geri geri park etmesi istenmiştir. Bilgisayara bağlanan ön lob sıcaklık ölçüm tasarımı ile anlık veri elde edilmiş ve geliştirilen program sayesinde bu veriler istenilen şekilde kaydedilmiştir. Bu görevi denek farklı günlerde dokuz kez tekrarlamıştır. İlk üç görevde başarılı şekilde otomobili park edememesine rağmen ilerleyen günlerde kısmen daha iyi park edebilmiştir. Bu esnada elde edilen çeşitli ön lob sıcaklık verilerine bakılarak ta park görevinin başarıya ulaşp ulaşmadığı anlaşılabilmektedir. Bunu Δ MMT değeri verisinin

grafğine baktığımızda değerin ilerleyen tekrar safhalarında azalmakta ve belli bir seviyede sabit kaldığını görebilmekteyiz.



Şekil 4.24. Denek-6'nın ön lob Δ MMT grafiği



Şekil 4.25. Denek-6'nın ön lob maksimum sıcaklık grafiği

Şekil 4.24.'deki grafikten de görülebileceği üzere denek otomobil park görevinde ilk tekrarda dört sensörden de 36.0°C derece maksimum sıcaklık tespit edilmiştir. Fakat son üç tekrarda bu sıcaklık değeri 35.5°C derece seviyesinde gerçekleşmiştir.

Minimum sıcaklık, görevin ilk tekrarlarında 34°C seviyesinde olmuş, görevi tekrar ettikçe de bu sıcaklıkta nispi bir artış olmuştur. Bu artış her görev de değişmekle beraber artış 0.5°C civarındadır. Maksimum sıcaklık grafiğinde görülen azalış ve

minimum sıcaklık grafiğinde artış olması bu iki verinin farkından oluşan verinin azalma yönünde olduğunu göstermektedir. Şekil 4.25.'a bakıldığında da bu görülebilmektedir. Δ MMT değeri 3°C seviyelerinden 1.5°C seviyesine gerilemiştir.

4.2.4. Denek-7 için bulgular

Denek6'ya göre otomobili park etme yetisi daha iyi olan Denek7 46 yaşındadır ve cinsiyeti erkektir. Otomobil park görevini dört kez tekrar etmiştir. Bu tekrarlardan elde edilen sıcaklık verilerine bakılarak bu görevi yapma yetisinin iyi düzeyde olduğu anlaşılabilmektedir.



Şekil 4.26. Otomobil park görevi

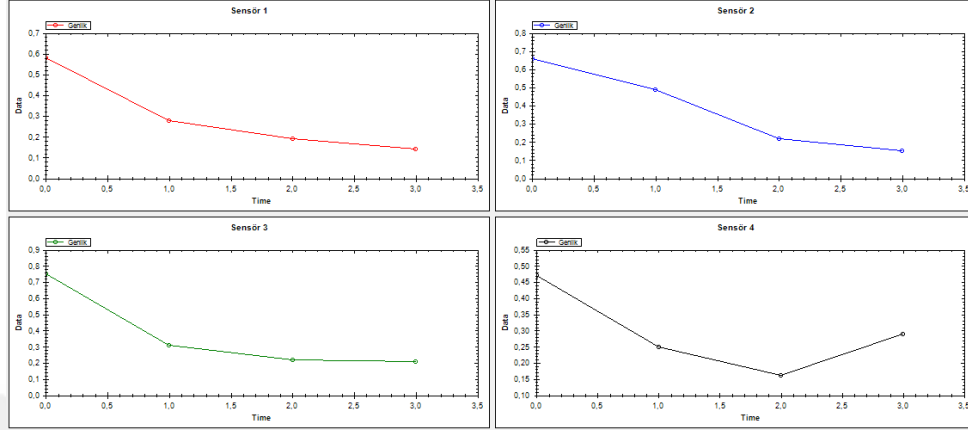
Görev esansında tespit edilen maksimum sıcaklık değerleri 35.7°C'den başlamış 36.2°C dereceye kadar yükselmiştir.

Minimum sıcaklık değeri de 35°C seviyesinden 36°C derece seviyelerine ulaşmıştır.

Denek-7'nin görev tekrarları esnasında ölçülen Δ MMT değeri 0.66°C seviyesinden 0.20°C dereceye gerilemiştir.

Denek-7'nin Δ MMT değeri 0.66°C ile 0.2°C derece arasında olurken otomobil park görevindeki yetisi daha az olan Denek6'nın bu değeri 2.5°C ile 3.5°C derece arasında olduğu gözlemlendi. Bu da bize yeti gerektiren aktiviteler esnasında kişinin ilgili görevdeki yetisi ile ön lob sıcaklığının ilişkisini göstermiştir. İlgili görevdeki yetisi daha iyi olan kişide sıcaklık değişimi asgari şekilde olmuştur. Ancak yetisi daha az olan bireyin sıcaklık değerleri daha yüksek seyretmiştir. Sebebi ise sıcaklık verileri daha düşük olan

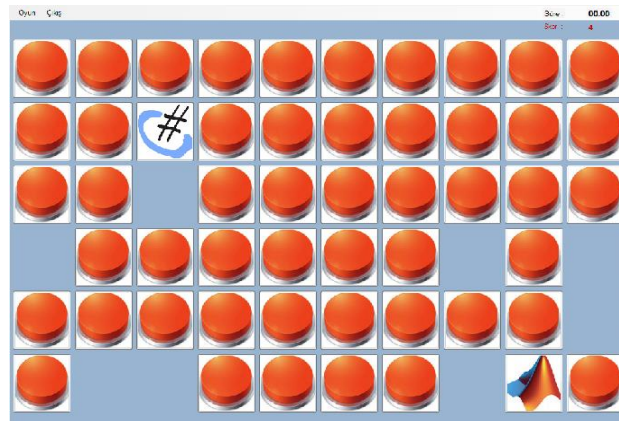
kişinin verilen görevi daha az düşünüp öğrenme esnasında kullanılan korteks hücreleri daha az kullanmasıdır yani görevi otomatik şekilde yerine getirmesindendir.



Şekil 4.27. Denek-7'nin ön lob Δ MMT grafiği

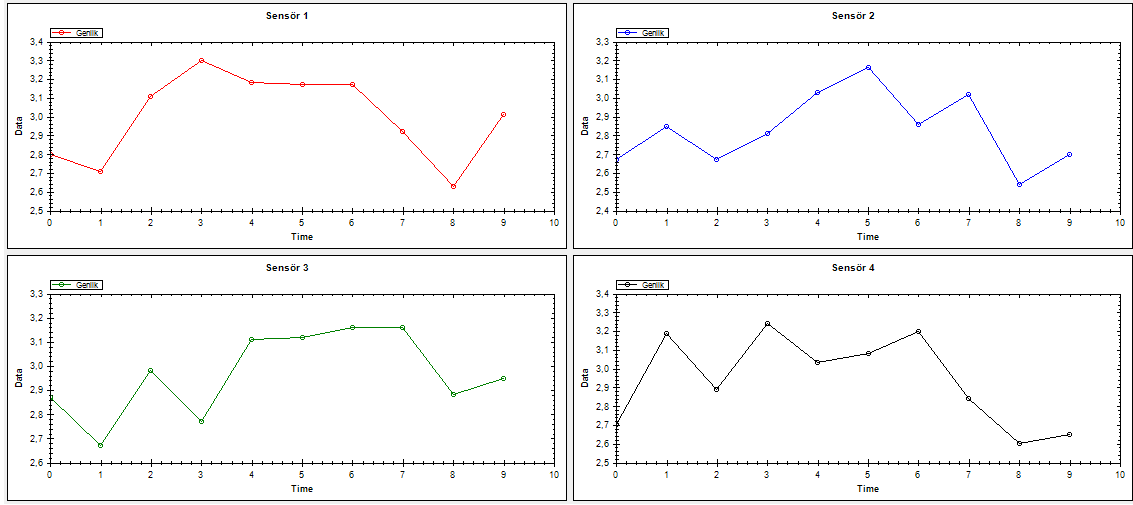
4.2.5. Denek-8 için bulgular

27 yaşında, cinsiyeti erkek olan Denek8 on kez Kart Eşleştirme oyunu oynamıştır. Her oynadığında kartların yeri aynı kalması sağlanarak beyin ön lob sıcaklıkları ölçülmüştür.



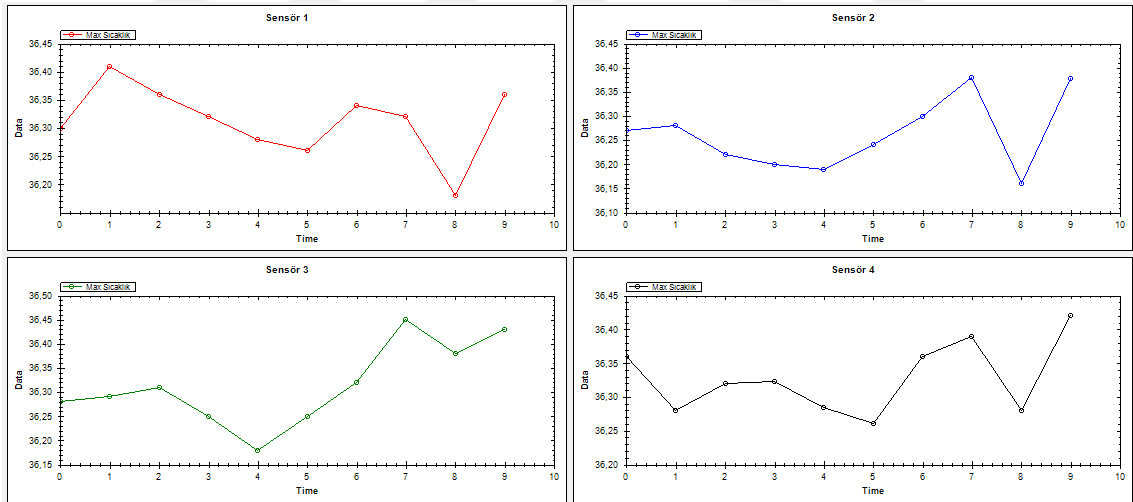
Şekil 4.28. Kart eşleştirme oyunu

Denek oyunda aynı kartları bulmaya çalışmış ve oyunu tekrar tekrar oynadığında başarısı artmıştır. Artan bu başarıyı beyin ön lob sıcaklık verilerinden gözlemlemek pek mümkün olmamış, elde ettiğimiz sıcaklık verileri öngörüldüğü gibi gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.29. Denek-8'in ön lob Δ MMT grafiği

Şekil 4.29.'teki grafiğe bakılacak olursak denek görevi ilk tekrar ettiğinde ilgili değer 2.7°C iken ilerleyen tekrarlarında bu değer 3.0°C seviyelerine çıktı, son görev tekrarlarında 2.6°C seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 4.30. Denek-8'in ön lob maksimum sıcaklık grafiği

Denek8'den elde edilen ön lob maksimum sıcaklık grafiğine bakıldığında ilk kez görevi tekrar ettiğinde 36.3°C seviyesinde olmuştur. Sonraki tekrarlarında sıcaklığın artış veya azalış göstermesi dört sensör içinde farklılık göstermiştir. Fakat görev tekrarının son günlerinde eşit seviyelerde oldukları gözlemlenmiştir.

Denek tüm tekrarlarda görevi başarıyla tamamlamasına rağmen bu sıcaklık verilerinden tespit edilememiştir. Bu görev için sıcaklık verileri öngörüldüğü şekilde olmamıştır.



5. SONUÇ

İnsanın öğrenme esnasında beyindeki korteks hücrelerini kullandığı ve fazla enerji tükettiği bilinmektedir. Bu araştırma öğrenme sürecinde kişinin beyin sıcaklığında ne oranda nasıl değiştiğini incelemek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca görevlerin zorluk derecesi ve kişinin bu görevdeki yetisi ile sıcaklık değişiminin ilgisi de anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca deneklerde görev tekrarı esnasında ölçülen ilk değerlere bakılarak denegin ilgili görevde başarılı olup olmadığının da tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Araştırmada: görev aktiviteleri anındaki maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve maksimum ile minimum sıcaklık arasındaki fark değerleri incelenmiştir.

Elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir;

1. Görev tekrar sayısı artması neticesinde ilgili görevde artan beceriden kaynaklı maksimum sıcaklık ile minimum sıcaklık arasındaki fark değerinin yaklaşık olarak $2.5^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C}$ bandından $0.5^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$ bandına gerilediği gözlemlenmiştir.
2. Görev tekrarlarında denegin görevde tam yetkinliği kazanamaması, ortam sıcaklığının önemslenmemesi gibi nedenlerden dolayı kısmi bir artış gözlemlenmiştir. Ama tüm görev tekrarları göz önüne alınırsa grafiğin azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır.
3. Deneklerden ilgili görevde becerisi kısıtlı olanda maksimum ΔMMT değerleri 2.5°C iken bu görevde yetkinliği olan denekte $0.4 - 0.5^{\circ}\text{C}$ civarında olmuştur. Buradan anlaşıyor ki görev aktiviteleri otomatikleştikçe sıcaklık bu fark değeri azalıyor, beyin daha az enerji tüketiyor ve daha az ısınıyor. Bu sonuç bize denekler arasındaki yeti ve başarı farkının sıcaklık değerlerinden öngörülebileceğini de bize göstermiştir.
4. Otomobil kullanımı gibi el, ayak ve beyin koordinasyonu gerektiren işlerde incelenilen sıcaklık değerleri değişimi diğer görevlere nazaran daha fazla ve daha belirgin olmuştur.
5. Elde edilen sıcaklık verileri alın bölgesinde yani ön lobdan daha sağlıklı olmuştur. Diğer bölgelerden deneklerin saçlarından dolayı net bir veri elde edilememiştir. Ayrıntılı ve daha gelişmiş bir çalışma ile bu bölgelerinde öğrenme ile sıcaklık üzerinde ne gibi bir etkiye sahip oldukları incelenebilir.

6. Termal kamera ile alınan görüntülerin görüntü işleme yöntemleri yardımıyla anlamlandırılmıştır. Temaslı yöntemle elde edilen verilerinde görüntü işleme ile oluşturulan verilerle örtüştüğü görülmüştür. Farklı denekler ve farklı yöntemler kullanılmasına rağmen yapılan çalışmalarda tekrar sayısına bağlı olarak Δ MMT değerlerinde azalmalar net olarak tespit edildiğinden dolayı öğrenme yetisi tespit edilebilmiştir.

7. Maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin yer yer anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Yine Matlab ile geliştirilen programla eşikleme yöntemiyle elde edilen piksel bazlı sıcaklık değerlerinin ilgili görev için kayda değer olmadığı görülmüştür. Ancak görevlerden elde edilen piksel türünden ortalama sıcaklık verilerinin bir öngörü oluşturmaya yardımcı olduğu saptanmıştır.

8. Kullanılan termal kameranın çözünürlüğünün iyileştirilmesi sayesinde elde edilen verilerin daha hassas olması sağlanabilir.

9. Temaslı sistemle sıcaklık tespitinde tasarımdan kaynaklı bölge sıcaklığının hesaba katılması, ortam sıcaklığının önemszenmesi vs. göz önünde bulundurularak daha ayrıntılı bir çalışma yapıp daha hassas veriler elde edilebilir.

10. Sonraki çalışmalarda beyin ısısının düşürülmesi ile kişinin belirli bir görevde başarı ve yeti kazanma süresinde azalma olup olmadığı araştırılabilir.

Sonuç olarak bireyin bir işteki yetisi nezdinde beyinin ön lobundaki hücrelerin kullanılması neticesiyle bir sıcaklık açığa çıkmaktadır. Bu sıcaklık verisi ise yapılan işi tekrarlandıkça anlamlı hale gelmekte ve bu veriden kişinin ilgili işi başarıp başaramadığı öngörülebileceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2009. Imaging and Machine Vision, 34(1), 16-17.
- Ayaz, H., Shewokis, P.A., Bunce, S., İzzetoglu, K., Willems, B., Onaral, B., 2011. Optical Brain Monitoring For Operator Training And Mental Workload Assessment. NeuroImage 59 (2012) 36–47.
- Ayaz, H., Çakır, M.P., İzzetoglu, K., Curtin, A., Shewokis, P.A., Bunce, S.C., Onaral, B., 2012. Monitoring Expertise Development during Simulated UAV Piloting Tasks using Optical Brain Imaging. IEEE 78-1-4577-0557-1/12.
- Aydın, Y., 2013. Beyin nasıl çalışır? İstanbul, <http://www.uzmantv.com/beyin-nasil-calisir/>; (03.10.2014).
- Batun B., 2015. Bilişsel Görevlerde Cinsiyet Ve Kişilik Özellikleri Farklılıkları: Performans Ve Zihinsel İş Yükü Çalışması.
- Düzgün, D. ve Or, M.E., 2009. Termal Kameraların Tıpta Veteriner Hekimlikte Kullanımı. Yıl: 2009, Cilt:2, Sayı:4, Sayfa:468-475.
- Fujimura T., Yoshitomi Y., Asada T., Tabuse M., 2011. Facial expression recognition of a speaker using front-view face judgment, vowel judgment, and thermal image processing. Artif Life Robotics, DOI 10.1007/s10015-011-0967-z.
- Gonzales, R. C., 2002. Woods, R. E., Digital Images Processing, Prentice Hall.
- Guan W., Wang C., Cai Y., Zhang H., 2016. Design and implementation of wireless monitoring network for temperature-humidity measurement. J Ambient Intell Human Comput, 7:131–138 DOI 10.1007/s12652-015-0314-7.
- Kaiming H., Jian S., Xiaoou Y., 2013. Guided Image Filtering. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume 35, Issue 6, 1397-1409.
- Karadağ M., Cankul İ.H., 2015. Hekimlerde Zihinsel İş Yükü Değerlendirmesi.
- Pavlidis, I. and Levine, J., 2002. Thermal Image Analysis for Polygraph Testing. Ieee Engineering In Medicine And Biology.
- Salahuddin N. S., Handoko R. H., Sarı S., Hermita M., Mutiara A. B., 2014. Premature Infant Incubator Alert System Via Sms. Journal of Theoretical & Applied Information Technology, Vol. 66 Issue 3, p823828. 6p.
- Tsunashima H., Yanagisawa K., 2009. Measurement of Brain Function of Car Driver Using Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). Computational Intelligence and Neuroscience, Article ID 164958, 12 pages doi:10.1155/2009/164958.
- Winston, R., 2003. The Human Mind. İngiltere, <http://www.bbc.co.uk/science/humanbody/mind/>; (09.09.2014).

7.EKLER

7.1. Termal Kamera Teknik Özellikleri

IFOV (spatial çözünürlük):	5.6 mRad
Çözünürlük:	80x60 (4,800 pixels)
Görüş sahası:	19.5°H x 26°V
Focus sistem:	Fiks Focus 46 cm ve otesi
Termal hassasiyet (NETD):	30°C hedef sıcaklıkta (150 mK) $\leq 0.15^{\circ}\text{C}$
Sıcaklık ölçümleme aralığı:	-20°C - +250°C
Minimum span (manuel modda):	2.5°C
Minimum span (otomatik modda):	5°C
Dahili dijital kamera (görünebilir ışık):	2 megapixel endüstriyel performans
Frame rate:	Sadece 9 Hz
Geniş SD memory sistemi:	Çıkarılabilir 8 GB SD memory card ve 8 GB wireless SD card USB-to-PC bağlantısı ile direk yükleme
Dosya formatları imajı:	Non-radiometric (.bmp) veya (.jpeg) veya fully-radiometric (.is2)
Doğruluk: ☐	non-radiometric (.bmp, .jpg) °C veya %2 (25°C nominal, hangisi büyükse)
Kızılötesi spektral bant:	9 μm - 15 μm (uzun dalga)
Çalışma sıcaklığı/ Saklama sıcaklığı:	-10°C - +50°C / -20°C - +50°C
Relatif nem:	%10 - %95, yoğuşmasız

7.2. ATmega32U4 İşlemcisi Teknik Özellikler

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-Chip 2-cycle Multiplier
- Non-volatile Program and Data Memories
 - 16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash (ATmega16U4/ATmega32U4)
 - 1.25/2.5K Bytes Internal SRAM (ATmega16U4/ATmega32U4)
 - 512Bytes/1K Bytes Internal EEPROM (ATmega16U4/ATmega32U4)
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C(1)
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits

In-System Programming by On-chip Boot Program

True Read-While-Write Operation

All supplied parts are preprogrammed with a default USB bootloader

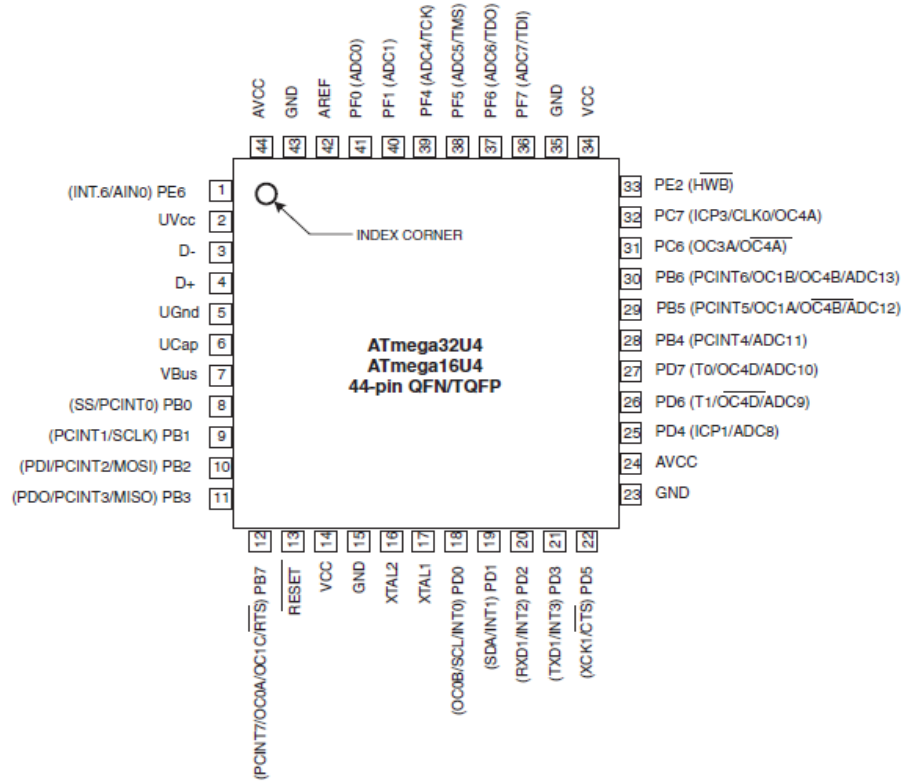
- Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support

- Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- USB 2.0 Full-speed/Low Speed Device Module with Interrupt on Transfer Completion
- Complies fully with Universal Serial Bus Specification Rev 2.0
- Supports data transfer rates up to 12 Mbit/s and 1.5 Mbit/s
- Endpoint 0 for Control Transfers: up to 64-bytes
- 6 Programmable Endpoints with IN or Out Directions and with Bulk, Interrupt or Isochronous Transfers
- Configurable Endpoints size up to 256 bytes in double bank mode
- Fully independent 832 bytes USB DPRAM for endpoint memory allocation
- Suspend/Resume Interrupts
- CPU Reset possible on USB Bus Reset detection
- 48 MHz from PLL for Full-speed Bus Operation
- USB Bus Connection/Disconnection on Microcontroller Request
- Crystal-less operation for Low Speed mode
- Peripheral Features
- On-chip PLL for USB and High Speed Timer: 32 up to 96 MHz operation
- One 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler and Compare Mode
- Two 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
- One 10-bit High-Speed Timer/Counter with PLL (64 MHz) and Compare Mode
- Four 8-bit PWM Channels
- Four PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
- Six PWM Channels for High Speed Operation, with Programmable Resolution from

2 to 11 Bits

- Output Compare Modulator
- 12-channels, 10-bit ADC (features Differential Channels with Programmable Gain)
- Programmable Serial USART with Hardware Flow Control
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte Oriented 2-wire Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- On-chip Temperature Sensor
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal 8 MHz Calibrated Oscillator
 - Internal clock prescaler & On-the-fly Clock Switching (Int RC / Ext Osc)
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - All I/O combine CMOS outputs and LVTTL inputs
 - 26 Programmable I/O Lines
 - 44-lead TQFP Package, 10x10mm
 - 44-lead QFN Package, 7x7mm

- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V
- Operating temperature
 - Industrial (-40°C to +85°C)
- Maximum Frequency
 - 8 MHz at 2.7V - Industrial range
 - 16 MHz at 4.5V - Industrial range



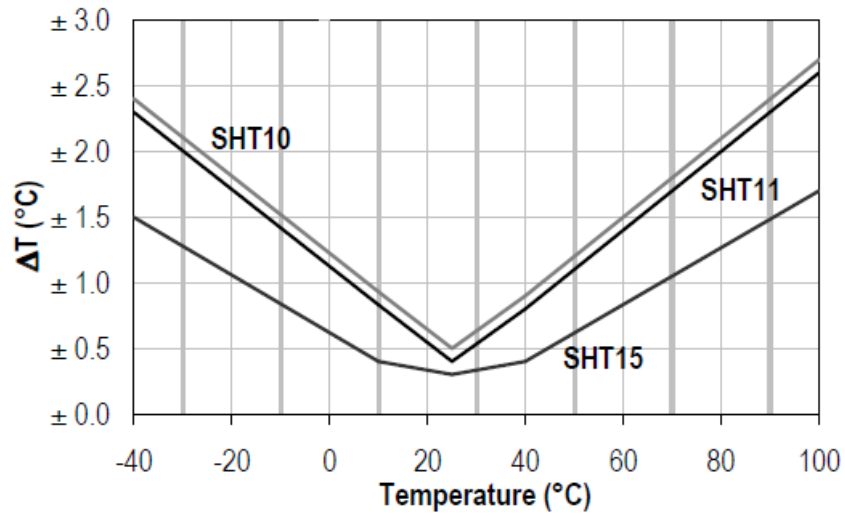
Şekil 7.1. ATmega32U4 pin konfigürasyonu

7.3. SHT11 Teknik Özellikler

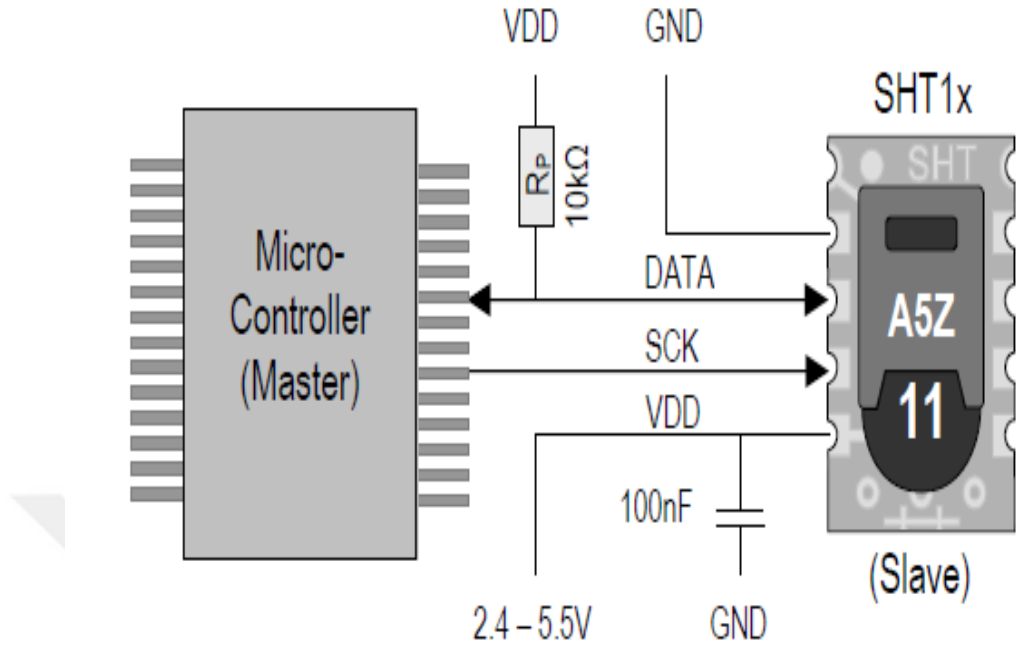
Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶	τ (63%)	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

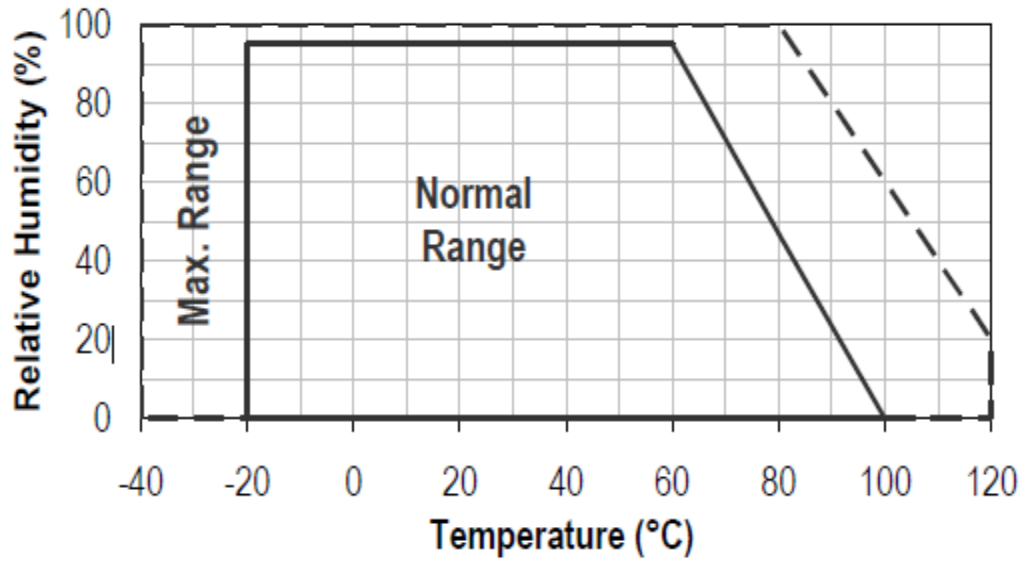
Çizelge 7.1. SHT11 performansı



Şekil 7.2. Sensör tipine göre maksimum tolerans



Şekil 7.3. SHT11 devre şeması



Şekil 7.4. Çalışma koşulları

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC ¹⁰		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average ¹¹	2	28		μA
	sleep		0.3	1.5	μA
Low level output voltage	$I_{OL} < 4 \text{ mA}$	0		250	mV
High level output voltage	$R_P < 25 \text{ k}\Omega$	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	μA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	μA

Çizelge 7.2. SHT11 elektriksel özellikler

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı: Ahmet

Soyadı: ER

Doğum yeri: Merkez/ÇORUM

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Telefon: 0 (537) 465 21 50

E-mail: erahmet@outlook.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2016
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi	2012
Lise	Çorum Fen Lisesi	2006