







# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

## Mobil Platformda IoT Temelli ve Soket Programlamaya Dayalı Termal Sensör Uygulaması

 Emin GÜNEY<sup>a\*</sup>,  Akın YAŞAR<sup>b</sup>,  Gamze AĞIRTAŞ<sup>b</sup>  
 Cüneyt BAYILMIŞ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi,  
Sakarya, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Sakarya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi,  
Sakarya, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: eminguney@subu.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.1064120

### Öz

Son yıllarda IoT temelli uygulamaların artması ile teknolojik gelişmeler ve mikroelektroniksel alandaki başarımlar, sensör tabanlı sistemlerin gelişmesine yol açmıştır. Temelde sağlık hizmetlerinin maliyetlerini düşürmek ve insanlara sağlık sektörü üzerinde olumlu bir etki gösterecek olan bu sistemlerin yardımı ile yüksek bir derecede doğru sonuçlar elde edilmektedir. Bununla birlikte, dünya çapında Covid-19 salgınının yayılmasıyla da düşük maliyetli olarak sıcaklık ölçümü önem kazanmıştır. Bu makalede mobil platform üzerinde termal sensör kullanılarak canlı varlık tespiti yapılmasına yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Temelde tespit yapılabilmesi için termal sensöre bir çeşit termal kamera özelliği kazandırılması planlanmıştır. Sensörün görüş alanındaki cisimler yaydıkları sıcaklık nedeniyle fark edilebildiğinden dolayı cisimlerin hareketleri kolayca takip edilebilecektir. Termopil sensörün mobil platform bağlantısı I2C protokolüyle sağlanmıştır. Çalışmada, mobil platform üzerinde bir sunucu oluşturulmuş ve Python programlama dilinde TCP soket programlama teknolojisi ile haberleşme gerçekleştirilmiştir. TCP istemcisi sensörden gerçek zamanlı veri alınması işlemini gerçekleştirmektedir. Bunlara ek olarak, verilerin kullanıcıların anlayabileceği şekilde görüntülenebilmesi için bir masaüstü uygulaması tasarlanmıştır. Uygulamada veriler alınan 64 adet float veri dizisi ile işlenerek ısı haritası görüntüsü elde edilmiştir. Bununla beraber, çeşitli kişilerden farklı ortam ve sıcaklıklar altında denemeler yapılarak çalışmanın doğruluğu test edilmiştir. Son olarak, yapılan çalışmada termal görüntü ile kamera görüntüsü eşleştirilerek insan ve canlı nesnelerin ısı haritası gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Termal sensör, I2C protokolü, Raspberry Pi, Python, TCP istemci, Soket programlama

## Mobile Platform Thermal Sensor Application Based on IoT and Socket Programming

### ABSTRACT

With the increase in IoT-based applications in recent years, technological developments and achievements in microelectronics have led to the development of sensor-based systems. A high degree of accuracy is achieved with the help of these systems, which will reduce the costs of health services and have a positive impact on the health sector people. However, with the spread of the Covid-19 epidemic worldwide, low-cost temperature measurement has gained importance. In this article, a study was carried out to detect living things using a thermal sensor on a mobile platform. It is planned to add a thermal camera feature to the thermal sensor to make the detection. Since the objects in the sensor's field of view can be noticed due to the heat they emit, the movements of the objects can be easily followed. The mobile platform connection of the thermopile sensor is provided with the I2C protocol. In

the study, a server was created on the mobile platform, and communication was carried out with TCP socket programming technology in the Python programming language. TCP client performs real-time data acquisition from the sensor. In addition to these, a desktop application has been designed to display the data in a way that users can understand. The application processed the data with 64 float data arrays, and a heat map image was obtained. In addition, the accuracy of the study was tested by conducting trials under different environments and temperatures from various people. Finally, the accuracy of the heat map of human and living objects has been demonstrated by matching the thermal image and the camera image in the study.

*Keywords: Thermal sensor, I2C protocol, Raspberry Pi, Python, TCP client, Socket Programming*

## **I. GİRİŞ**

Son zamanlarda endüstrinin gelişmesi ile birlikte Nesnelerin İnternet'i (Internet of Things, IoT) oldukça popülerlik kazanmıştır. Bu nesnelere, kullanılma biçimleri ve çevreleri hakkında veri toplar ve paylaşırlar. Daha az maliyet, daha az yer kaplama ve hareketlilik ihtiyacı ile insan gücü yerine makine gücünün kullanılması ile nesnelere arası haberleşme de kolaylaşmıştır [1,2]. Veri üreten ve veriyi alan kısmın büyük çoğunluğunu insanlar oluştursa da internet kullanımının büyük çoğunluğunu da yine makineler ve akıllı nesnelere oluşturmaktadır [3]. Kullanımın gün geçtikçe daha da artacağı konusunda fikirler ortaya atılmaktadır. Bu fikirlerin artması ile termal kamera ile canlı tespiti projesini hayata geçirme konusunda, büyük bir motivasyon kaynağına sahip olduğu görülmektedir [4]. Sensörlerin enerji tüketimleri ve hızları düşünüldüğünde hareketlilik açısından sensörlerin kullanılması ve hızlı sonuçların alınması amacıyla sensörler soket programlama ile internete güvenli şekilde veri aktarabilmektedir [5].

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Lee ve arkadaşları çalışmalarında IoT tabanlı bir sistem geliştirerek termal görüntüler üzerinde sıcaklık verilerini tahmin etmişlerdir. Bu sensörler vasıtasıyla iletilen sıcaklık verilerini ve görüntü sinyallerini bir araya getirerek 2D bir analiz izleme sistemi elde etmişlerdir [6]. Zhang ve arkadaşları, IoT teknolojilerini binadaki termal bölgenin modelini otomatik olarak çıkararak bir öğrenme çerçevesi önermişlerdir. Öğrenilen modelin performansı ve bu modele dayalı olarak iç ortam sıcaklık tahmini hatası değerlendirilmiş ve nicelleştirilmiştir [7]. Sundaravadivel ve arkadaşları IoT uygulaması olarak bir tiroid izleme sensörü geliştirmişlerdir. Temelde sensör verilerinin doktor-hasta arasında enerji verimli olarak paylaşılması hedeflenmiştir. Bunun için çalışmalarında vücut ısısı ve kan değerlerini kullanarak bir sıcaklık sensörü prototipi gerçekleştirilmiştir [8]. Yoon ve arkadaşları termoelektrik jeneratörden gelen verileri IoT temelli bir enerji toplama sistemi için güç verimliliğine dayalı yenilikçi bir çalışma sunmuşlardır [9]. Guney ve arkadaşları, gerçek zamanlı nabız bilgisini uzaktan izlemek için WebSocket ve MongoDB tabanlı bir hasta takip sistemi tanıtmışlardır [10].

Geleneksel kameralar ile sadece görüntü elde edilmekte ve işlenebilmektedir. Görüntülerin kaydedilmesi için hard disk gibi ek cihazlar gerekirken ve maliyetli bir çözüm olmaktadır. Bu tür kameralar ile canlı varlıklar tespit edilebilmekte ancak o varlıklara ait sıcaklık bilgileri elde edilememektedir. Ayrıca insan mahremiyeti gibi dikkat edilmesi gereken hususlar olduğu durumlarda kullanılamamaktadır. Canlı takip sistemlerinde, canlıların tespiti için canlıların kimliğinden bağımsız, yalnızca yaydığı ısıya bağlı olarak konumunu, hareket bilgilerini veren termal sensörler önemli bir alternatif olmaktadır. Günümüzde ise Covid-19 belirtilerinin başında gelen yüksek ateş rahatsızlığı, termal kameraların hayatımıza daha çok girmesine sebep olmuştur. Bu çalışmada termopil sensör, mobil platform, IoT ve soket programlama teknolojileri kullanılarak canlı varlık tespitini yapan bir uygulama geliştirilmiştir. Termopil sensör yaklaşık 5 m alanda ısı ölçümü gerçekleştirebilmektedir. Mobil platforma bağlı sensör ısı bilgisini sunucuya aktarmakta ve internet üzerinden TCP soket programlama ile ısı verisi elde edilmektedir. Ardından bu veriler ısı haritasına dönüştürülmektedir.

Bu makale ayrıca aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Bu bölümden sonra 2. Bölüm, önerilen sistem modelini tanıtarak yapılan uygulamada kullanılan cihaz ve teknolojileri detaylandırmaktadır. Bölüm 3'te canlı varlık tespit sistemi uygulamasının gömülü sistem üzerinde gerçekleştirilmesi ve ısı haritasının çıkarılması için çalışmanın ayrıntılarını içerir. Son bölümde ise çalışma kapsamında yapılanlar özetlenerek gelecek çalışmalara öneriler sunulmuştur.

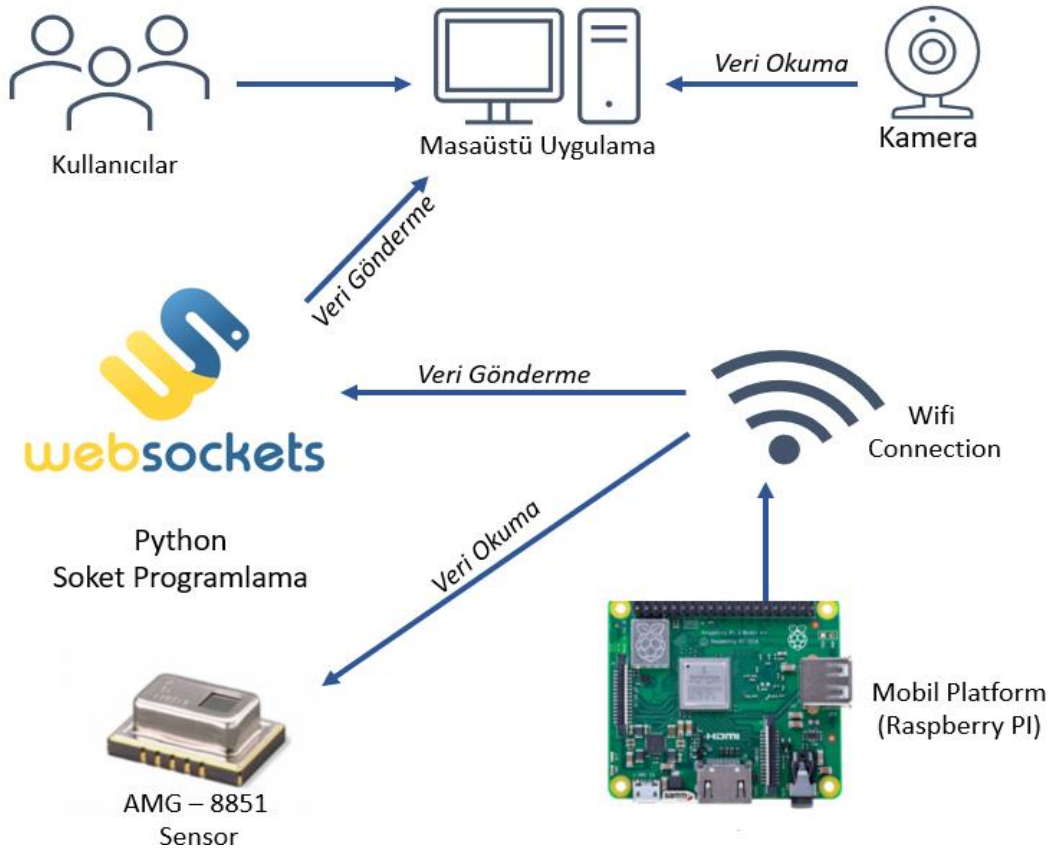
## II. ÖNERİLEN SİSTEM

Bu bölümde, canlı varlık tespiti için termopil ısı sensörü kullanılan IoT temelli uygulamaya ait sistem mimarisi ve kullanılan teknolojiler sunulmaktadır. Canlı varlık tespit sistemi, ortamdaki ısı bilgisini algılamak için AMG8851 termopil sensörü, sensörden verileri toplayan ve bu verileri socket sunucu ile bağlı olduğu Wi-Fi üzerinde aktaran Raspberry Pi mobil platform, bu platformdan veri akışının sağlanabileceği ve kullanıcının ısı haritası şeklinde ortama ait ısı verilerini görebileceği masaüstü uygulamadan oluşmaktadır. Masaüstü uygulama ile mobil platform arasındaki veri akışı python dilinde yazılmış socket istemci ile sağlanmaktadır.

Çalışmadaki son durumda birden fazla kişi üzerinde 100 ayrı kez deney yapıldı ve kişilerin sıcaklık değerleri ölçüldü. Kişiler arasında vücut sıcaklığı normalin altında, normal ve normalin üstünde bireyler bulunmaktaydı. Her kişiye özel ısı haritası çıkartılmış oldu. Farklı ortamlarda sistem denenmiş olup istenen amaca göre başarı oranının yüksek olduğu kanıtlanmıştır.

### A. SİSTEM MİMARİSİ

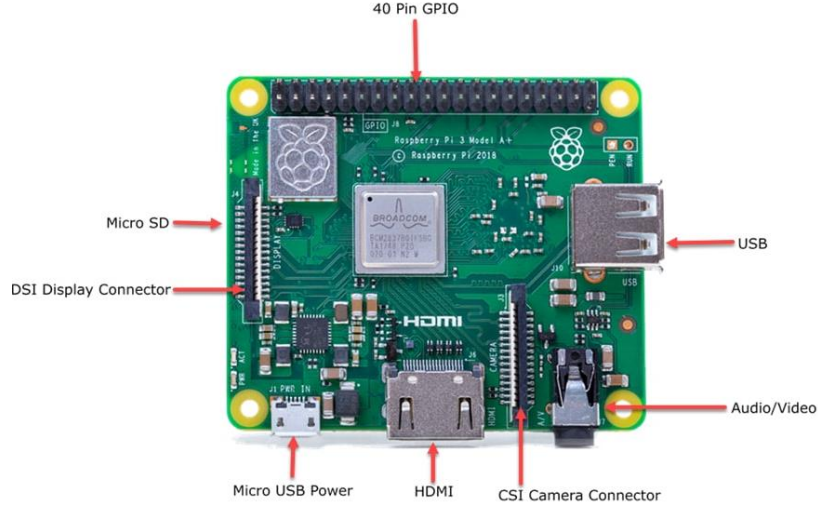
Termal sensör kullanılarak canlı varlık tespit sisteminin temel mimarisi ve sistem bileşenleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Raspberry Pi SDA ve SCL pinleri aracılığı ile AMG8851 sensöründen I2C protokolü ile gelen veriler toplanmaktadır. Raspberry Pi içerisindeki Raspberry Pi OS işletim sisteminde çalışmakta olan Python kodu aracılığıyla bağlı olunan Wi-Fi üzerinden Python Soket Sunucu ile verileri yayınlanmaktadır. Raspberry Pi cihazının bağlı olduğu Wi-Fi ağına bağlı kullanıcılar proje kapsamında gerçekleşen masaüstü uygulamasını çalıştırdığı anda Raspberry Pi tarafından oluşturulan sunucu portuna bağlanılarak veriler alınır. Bundan sonra ise, yine masaüstü uygulaması ile uygulama verileri işlenilerek kullanıcıya interpolate edilmiş görüntüyü sunulmasıyla uygulama gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1. Uygulanan sistemin genel mimarisi

## B. RASPBERRY Pİ MOBİL PLATFORMU

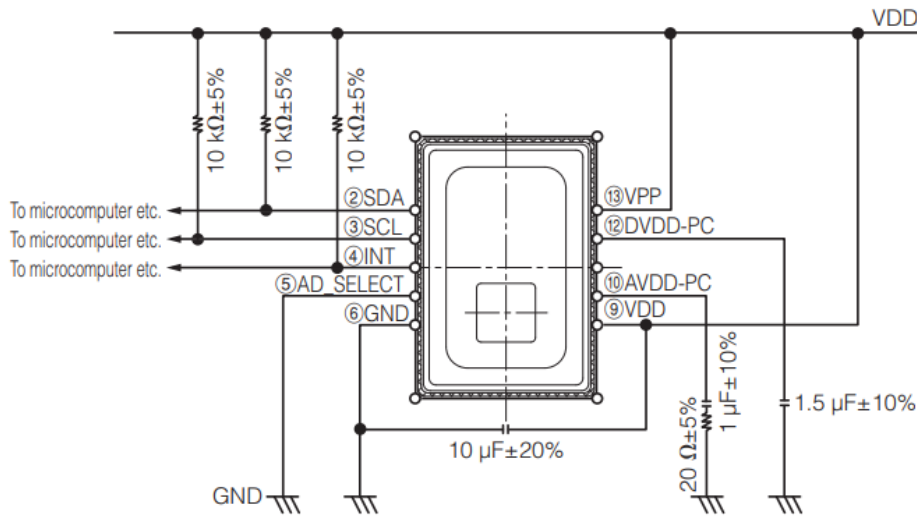
Raspberry Pi Model 3A+ Linux işletim sistemine sahip bir mikro bilgisayardır. Gömülü ve mobil bir sistem olan bu kartlar bilgisayarın yapabileceği birçok işlemi yapabilme yeteneğine sahiptir. Mobil platform üzerinde Raspberry Pi için optimize edilmiş Debian tabanlı çalışan açık kaynaklı bir işletim sistemi olan RaspBian kullanılmıştır. RaspBian sistemin kararlılığını ve performansını iyileştirmek amacıyla donanımı etkin bir şekilde kullanmaya izin vermektedir. Şekil 2’de Raspberry Pi mobil platformunun genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2. Raspberry Pi kartının sahip olduğu pin ve girişlerin kart üzerinde gösterimi

## C. TERMAL SENSÖR: AMG8851

Termal kameralar genel olarak güvenlik amaçlı kullanılmakla beraber bütün cisimlerin ve insanların yaydığı kızılötesi enerjileri kolay bir şekilde görüntülenmesine yardımcı olmaktadır. Bunun yanında, termal kameralar cisimlerin yaydığı ısı enerjisini farklı bir ekrana yansıtılıp renk skalasında görülmesini de sağlamaktadır. Her cismin etrafa yaydığı ısı enerjisi farklıdır ve termal kameralar ise canlı/cansız her varlığın ısı enerjisini görüntüleme imkanına sahiptir. Çalışmada kullanılan termal sensör AMG8851 Panasonic firmasının gelişmiş MEMS teknolojisine dayalı, yüksek hassaslıktaki kızılötesi termal sensördür. Şekil 3’te AMG8851 termopil sensörünün bağlantı şeması verilmiştir.

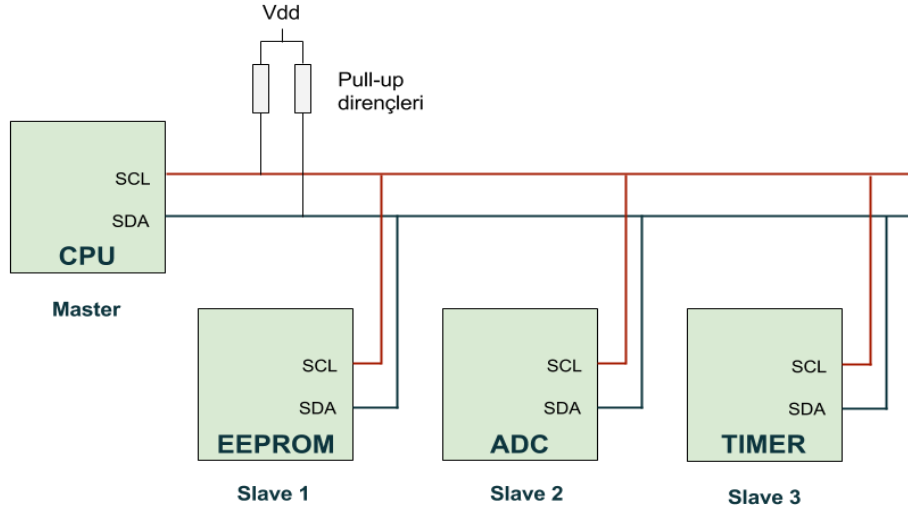


Şekil 3. Amg8851 Harici Devre

AMG8851 termopil sensörü iki boyutlu bir alanın sıcaklık değerlerini 8x8'lik dizi şeklinde yani 64 piksel olarak vermektedir. Mikrodenetleyiciye bağlanıldığında I2C üzerinden 64 ayrı kızılötesi sıcaklık okuma dizini döndürülür. Bu sensör 0°C ila 80°C arasındaki sıcaklıkları  $\pm 2.5^\circ\text{C}$  hassasiyetle ölçebilmektedir. Bunun yanında bir nesne veya insanı 7 metreye kadar bir mesafeden algılayabilir. Maksimum 10 Hz hızıyla insan dedektörü veya mini termal kamera oluşturmak için uygundur. AMG8851 sensörü haberleşme protokolü olarak I2C protokolünü kullanmaktadır. AMG8851 haberleşmede slave cihaz olarak Raspberry Pi ise master cihaz olarak görev almaktadır. Haberleşmenin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için bu slave cihaz üzerindeki slave adres olarak adlandırılan I2C adresi bilinmelidir [7]. Amg8851 sensörleri için I2C adresi, Şekil 3.'te görülen AD\_SELECT ucunun güç kaynağına veya topraklamaya bağlanmasına göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılacak olan Amg8851 sensörü devreye sahip olduğu için, bu sensörün I2C adresi 0x68'dir. Eğer AD\_SELECT ucu güç kaynağına bağlı olan bir sensör olursa I2C adresi 0x69 olacaktır.

## D. I2C PROTOKOLÜ

Raspberry Pi, diğer Raspberry Pi veya sensörlerle haberleşmek için bazı haberleşme protokolleri kullanmaktadır. Bu protokollerden birisi olan I2C (Inter-Integrated Circuit), 1980'li yılların başında, Philips Semiconductor tarafından geliştirilmiş bir seri iletişim protokolüdür (Şekil 4).

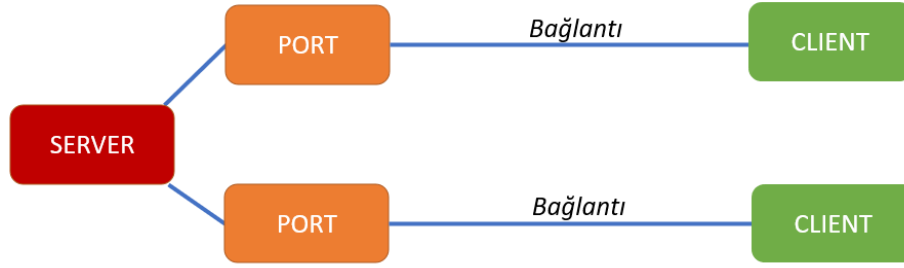


Şekil 4. I2C Protokolü ve master-slave bağlantısının gösterilmesi

Yakın mesafelerde düşük band genişliği ile çalışan, 2 kablolu bir protokoldür. İşlemci ve mikrodenetleyiciler, aynı veri yolu (bus) üzerinden, EEPROM, Analog Sayısal Dönüştürücü (ADC), LCD sürücü gibi birden çok çevre birimiyle haberleşebilmesine imkân tanır. Seri iletişim için cihazlara dahil edilmiş bir veri yolu arayüzü bağlantı protokolüdür [11], [12]. I2C protokolüne göre, saat hattı yüksek olduğunda veri hattı değişmez, sadece saat hattı düşük olduğunda değişebilir. 2 hat açık tahliyedir, bu nedenle I2C veriyolundaki cihazlar aktif düşük olduğundan hatların yüksek olması için bir çekme direnci gereklidir. Veriler 9 bitlik paketler halinde iletilir [13].

## E. SOKET PROGRAMLAMA

Soket programlama, ağdaki iki farklı cihaz arasında TCP/IP protokolünü kullanarak IP ve port numaraları üzerinden bir kanal oluşturarak haberleşme yapılmasını sağlamaktadır [16], [17]. Bu haberleşme çeşidinde bir soket (uç cihaz) belirlenen IP ve port üzerinden kanalı dinlerken diğer soket (uç cihaz) aynı kanal üzerinden diğer uca erişmeye çalışmaktadır. Bu iletişim Şekil 5'te gösterilmektedir.

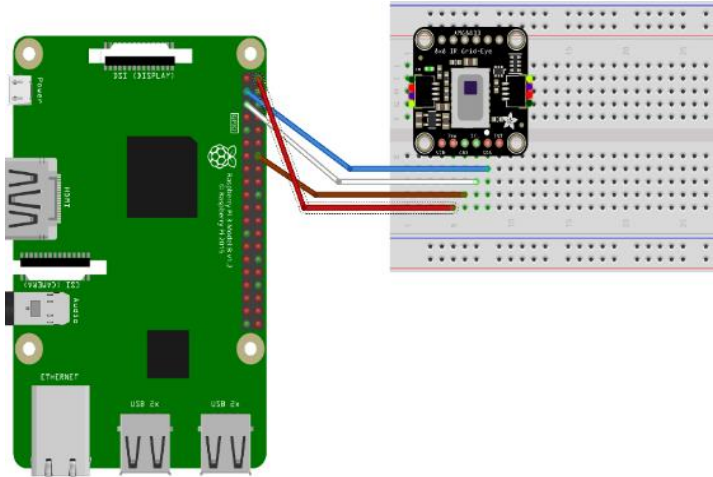


Şekil 5. Client-server ilişkisinin gösterilmesi

### III. CANLI VARLIK TESPİT SİSTEMİ UYGULAMASI

Şekil 6’da Raspberry Pi Model 3A+, ve Amg8851 arasındaki bağlantı verilmektedir. Raspberry Pi’nin 3 numaralı pini SDA, 5 numaralı pini SCL, 4 numaralı pini 5V, 6 numaralı pini ise topraktır. Raspberry Pi mobil platformuna işletim sistemi olarak Raspbian kurulmuştur. İşletim sistemi üzerinde WiFi bağlantısı için boot dizinine wpa\_supplicant.conf isimli bir konfigürasyon dosyası eklenmiştir. Raspberry Pi boot olduğunda bu kod otomatik olarak devreye girerek wifi’ye bağlanmayı sağlamaktadır.

Uzaktan kontrol erişimini açmak için Raspberry Pi’yi hdmi ve mouse aracılığı ile yöneterek Raspbian OS arayüzünden SSH ve VNC özelliği aktif hale getirilmiştir. İnternet modem arayüzüne girilerek Raspberry Pi, ip adresi öğrenilerek uzaktan kontrol için bilgisayara VNC Viewer uygulaması kurulmaktadır. Bu sayede ip adresi kullanılarak Raspbian OS arayüzüne uzaktan kontrol sağlanmış olmaktadır. AMG\_8851 kütüphanesi bilgisayara kurulmuştur. Bu sayede I2C protokolü kullanılarak haberleşmenin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmış olmaktadır. Yazılım araçları bölümünde tanıtılan socket programlama türlerinden, python ile TCP socket teknolojisini kullanarak Raspberry Pi üzerinden bir server oluşturulmuştur. Raspberry Pi bu kodu çalıştırdığında bağlı olduğu internet üzerinden bir server görevi görmektedir.



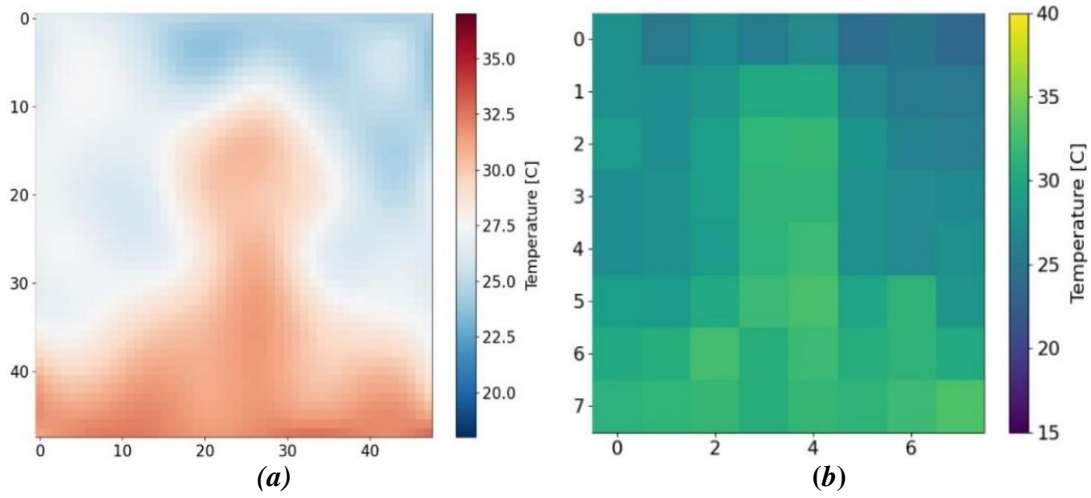
Şekil 6. Raspberry Pi ve Amg8851 bağlantısı

Gerekli kütüphaneler dahil edildikten sonra, bağlı olunan internette belirlenen portta bir socket oluşturuldu ve bu porta bağlanacak olan istemciler dinlenmeye başlanılmıştır. Raspberry Pi üzerine kurulan bu python TCP sunucuya bağlanacak bir python TCP kullanıcısı oluşturulmaktadır. Bu kullanıcı server kısmında belirlenen porta bağlanmaktadır. Sensörden elde edilen python kodu ile TCP server’ı bir araya getirerek sensör verileri gönderilmiştir.



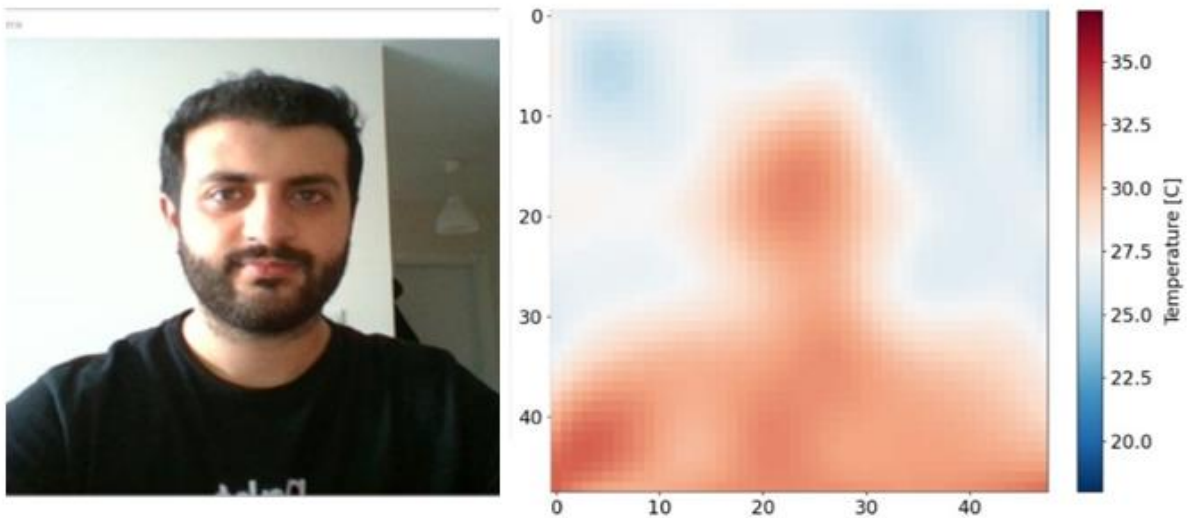
## A. ISI HARİTASININ ÇIKARILMASI

Termopil sensor ve mobil platform aracılığıyla elde edilen verilerin alınması ve görselleştirilmesi için python ile bir masaüstü uygulaması geliştirilmiştir. Veri iletişimi, TCP soket istemci ile gerçekleştirilmektedir. Uygulama ile sensörden alınan 64 adet float veri dizisi işlenerek ısı haritası görüntüsü elde edilmiştir. Isı haritasının çıkarılmasında, 8x8 boyutunda toplam 64 hücreye sahip bir dizi (array) tanımlanmıştır. Bu dizi sensörden gelmekte olan 64 adet float veri, TCP server'dan gerçek zamanlı alınan verilerin büyüklüğü doğrultusunda renklendirilmektedir. Döngü içerisinde yapılan bu işlem sensörden her yeni veri geldiğinde figürü güncelleyerek tekrar çizdirilmektedir. Yapılan uygulama çalıştırıldığında Şekil 7'de görülen ısı haritası kullanıcıya yansıtılmış olmaktadır. Görselleştirilen bu görüntünün daha anlaşılır olabilmesi için sayısal analiz tekniklerinden olan interpolasyon tekniği ile görüntü yumuşatılmıştır. 8x8 olan görüntü üzerinde kübik interpolasyon uygulanmıştır. Şekil 7'de yer alan ısı haritalarında (a ve b) x ve y eksenleri piksel boyutunu temsil etmektedir. İnterpolasyon sonrasında elde edilen yumuşatılmış sıcaklık haritası görüntüsü yine Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 7. Isı Haritası ve yumuşatılmış görüntünün gösterilmesi (a-b).

Kübik interpolasyon sayesinde iki görüntü arasında gözle görünür şekilde iyileşme katedilmektedir. Kullanıcıların daha iyi deneyim elde edebilmesi, sıcaklık haritasının doğruluğu hakkında fikir elde edebilmesi amaçlayarak AMG8851 sensörünün yanına web kamerası entegre edilmiştir. Şekil 8'de ısı haritasına web kamerası görüntüsü entegre edilmekte, bu sayede ısı haritasının doğrulaması yapılmıştır.



*Şekil 8. Yumuşatılmış görüntünün web kamerası ile görüntülenmesi*

## **IV. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Bu çalışma, son yıllarda gittikçe yayılan Covid-19 salgınının insanların vücut sıcaklığı ile doğrudan ilişkili olmasından kamera ile nesnelerin sıcaklığının ölçülmesidir. Bu amaçla kullanılacak canlı varlık tespiti sistemi içerisinde, Raspberry Pi Model 3A+, AMG8851 termal sensör ve web kamerası kullanılarak sistemin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistem, soket programlama teknolojisini kullanarak Raspberry Pi'ye server görevi kazandırmakla ilişkilidir. Termopil sensörden alınan ısı verileri kullanıcıların daha sağlıklı bir şekilde anlayabilmesi için sayısal analiz tekniklerinden interpolasyon yöntemi ile renklendirilmiş ve böylelikle sıcaklık haritası görünümünde tasarlanarak masaüstü uygulamasıyla kullanıcılara bilgi sunulmuştur. Kullanıcıların daha iyi bir deneyim elde edebilmesi için ise sıcaklık haritası kamera ile elde edilen görüntülerle entegre edilmiştir. Bu sayede kullanıcılar, kameradan gerçek zamanlı gelmekte olan görüntüler ile termal sensör verilerini gerçek zamanlı olarak görebilecektir. Bunun yanında, çalışmada gerçekleştirilen model günümüzde kullanılan termal kameralara kıyasla maliyet olarak da pratik biçimde uygulanabilir. Dolayısıyla termal kameraların kullanım alanlarında kolaylıkla ve etkin bir şekilde kullanılabilir.

Çalışmada hedeflenen, birden fazla kişi üzerinde 100'den fazla deneyin yapılması, başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Seçilenler arasında vücut ısısı farklı değerlere sahip kişiler belirlendi ve bu kişiler farklı zaman ve ortam aralıklarında değişken koşullara maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında ise kameradan gerçek zamanlı gelmekte olan görüntüler ile termal sensör verilerinin gerçek zamanlı olarak elde ettiği verilerin, yüksek bir başarı oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Gelecekte çalışmayı geliştirmek açısından canlı tespit sistemine daha üst segment kamera aygıtı eklenerek kişinin kimliği de rahatlıkla tespit edilebilir. Bununla birlikte, tespit edilen kimlikler gerçek zamanlı bir veritabanına kişilerin kimlikleriyle birlikte sıcaklık değerleri kayıt altına alınarak veriler toplanabilir.

## **V. KAYNAKLAR**

- [1] C. Wai Zhao, J. Jegatheesan, and S. Chee Loon, "Exploring IOT application using raspberry Pi," *International Journal of Computer Nets and Applications*, vol. 2, no. 1, Accessed: Jan. 20, 2022.
- [2] M. Kurtulus, F. Irgi, M. Namdar, A. Basgumus, and R. Temirtas, "Internet of things based predictive mechanical fault detection system," *4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2020- Proceedings*, Oct. 2020.
- [3] Z. H. Qian and Y. J. Wang, "IoT technology and application," *Acta Electronica Sinica*, vol. 40, no. 5, p. 1023, May 2012.
- [4] J. C. Zhao, J. F. Zhang, Y. Feng, and J. X. Guo, "The study and application of the IOT technology in agriculture," *Proceedings- 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2010*, vol. 2, pp. 462–465, 2010.
- [5] K. Küçük and C. Bayılmış, *Nesnelerin İnternet'i: Teori ve Uygulamaları (Internet of things: theory and applications)*, 2019.
- [6] Y.-M. Lee and J.-S. Shin, "A Study on the Design of IoT-based Thermal Sensor and Video Sensor Integrated Surveillance Equipment," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 19, no. 6, pp. 9–13, 2019.



- [7] X. Zhang, M. Pipattanasomporn, T. Chen, and S. Rahman, "An IoT-Based Thermal Model Learning Framework for Smart Buildings," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 518–527, Jan. 2020.
- [8] P. Sundaravadivel, S. P. Mohanty, E. Kougianos, and U. Albalawi, "An energy efficient sensor for thyroid monitoring through the IoT," *2016 17th International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, EuroSimE 2016*, Apr. 2016.
- [9] S. Yoon, S. Carreon-Bautista, and E. Sanchez-Sinencio, "An area efficient thermal energy harvester with reconfigurable capacitor charge pump for IoT applications," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 65, no. 12, pp. 1974–1978, Dec. 2018.
- [10] E. Guney, G. Agirtas and C. Bayilmis, "MongoDB based real-time monitoring heart rate using websocket for remote healthcare," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI Journal)*, vol. 8, no. 4, pp. 500-508, Dec. 2022.
- [11] D. Levshun, A. Chechulin, and I. Kotenko, "A technique for design of secure data transfer environment: Application for I2C protocol," *Proceedings- 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS 2018*, pp. 789–794, Jun. 2018.
- [12] R. Sarojini and S. Ramalingam, "Smart real time data logging system for industrial automation using I2C protocol", Accessed: Jan. 20, 2022.
- [13] D. Levshun, A. Chechulin, and I. Kotenko, "A technique for design of secure data transfer environment: Application for I2C protocol," *Proceedings- 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems, ICPS 2018*, pp. 789–794, Jun. 2018.
- [14] "What is transmission control protocol TCP/IP model?" <https://www.fortinet.com/resources/cyberglossary/TCP-ip> (accessed Jan. 20, 2022).
- [15] "Transmission control protocol (TCP) (article) | Khan Academy." <https://www.khanacademy.org/computing/computers-and-internet/xcae6f4a7ff015e7d:the-internet/xcae6f4a7ff015e7d:transporting-packets/a/transmission-control-protocol--TCP> (accessed Jan. 20, 2022).
- [16] K. A. Radhika, B. L. Raksha, B. R. Sujatha, U. Pruthviraj, and K. v. Gangadharan, "IoT based joystick controlled pibot using socket communication," *2018 IEEE Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics, DISCOVER 2018- Proceedings*, pp. 121–125, Mar. 2019.
- [17] M. Xue and C. Zhu, "The socket programming and software design for communication based on client/server," *Proceedings of the 2009 Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and System, PACCS 2009*, pp. 775–777, 2009.