



Kuvöz Verileri İçin Uzaktan Takip Sistemi

Remote Monitoring System For Incubator Data

Kubilay TAN
İleri Düzey Biyomedikal
Mühendislik Teknolojileri
Araştırma Merkezi
Ankara, Türkiye
kblytan@gmail.com

Ahmet Reşit
KAVSAOĞLU
Biyomedikal Mühendisliği
Karabük Üniversitesi
Karabük, Türkiye
kavsaoğlu@gmail.com

Onur KOÇAK
Biyomedikal Mühendisliği
Başkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye
onurkocak@gmail.com

Cansu AKBAY
İleri Düzey Biyomedikal
Mühendislik Teknolojileri
Araştırma Merkezi
Ankara, Türkiye
cansu.akbay@hotmail.com

Özetçe— Bu çalışmada yenidoğan yoğun bakım servislerinde bulunan kuvöz cihazlarından elde edilen verilerin toplanarak internet arayüzü ile yetkili personelin uzaktan takip ve kontrol edebilmesini sağlayan elektronik bir sistem geliştirilmiştir. Tasarlanan sistem üzerinden elde edilen ortama ait sıcaklık ve nem değerleri hesaplanarak kullanıcı panelinde anlık olarak görüntülenmektedir. Bebeğin sağlık durumuyla ilgili kritik öneme sahip olan nabız, ağırlık, vücut sıcaklığı ve kandaki oksijen saturasyonu değerleri vücut üzerine yerleştirilen yüksek hassasiyetli sensörler tarafından algılanıp internet arayüz ekranına aktarılmaktadır. Böylelikle, bu sistem ile hastane ve kadın doğum kliniklerindeki çalışan personellerin, iş yükü fazlalığına ve tıbbi veri kayıplarına çözüm üretilmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler — Anlık Veri Aktarımı, Uzaktan Hasta Kontrol Sistemi, Dijital Veri Depolama, Kuvöz Takip Sistemi

Abstract— In this study, an electronic system has been developed to collect data from the incubator devices in the neonatal intensive care services to allow the remote monitoring and control of authorized personnel via the internet interface. Temperature and humidity values of the environment obtained from the designed system are calculated and displayed instantly on the user panel. Pulse, body weight, body temperature and blood-oxygen saturation values which are critically important are detected by high-precision sensors placed on the body surface and transferred to the internet interface screen. In this way, it is expected that this system and the staff working in hospitals and obstetrics clinics will be able to solve the workload and medical data losses.

Keywords — Instant Data Transfer, Remote Patient Control System, Digital Data Storage, Incubator Monitoring System

I. GİRİŞ

Türkiye Sağlık Bakanlığı'nın 2015 yılındaki araştırmalarına göre yenidoğan yoğun bakım ünitelerinde doluluk oranı %81 olarak hesaplanmıştır. Bu oran çocuk yoğun bakım ünitelerinde %91 olarak belirlenmiştir [1]. 2015 yılında

yapılan başka bir araştırma; hastanelerdeki hemşirelerin %41.8'inin ve hekimlerin %58.2'sinin meslektaşlarının hatalarına şahit olduklarını göstermektedir. Yine aynı çalışmada tıbbi hataya sebep olma durumunun %64.7 oranı ile iş yükünün fazla olduğu belirtilmiştir [2]. Ülkemizde ve tüm dünyada hastane personelleri insan gücü yetersizliği çok önemli bir sorun haline gelmiştir. Hemşire ve doktorların, insan gücünü verimli kullanması, sunulan hizmetin taşıdığı niteliği ve hastanelerin tedavi süreçlerindeki verimliliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu duruma ek olarak çalışan personellerin dağılımının düzgün ve doğru yapılmaması insan gücü yetersizliği sorununu giderek derinleştirmektedir. Genel olarak tüm dünyada hemşire insan gücü planlanmasında hasta-hemşire oranı esas alınmaktadır. Hastane ve kliniklerde doğru sayıda ve uygun nitelikte hemşire ve doktor istihdamı hastane verimliliklerini iyileştirirken, öte yandan personel başına düşen iş yükünü azaltıp iş doyumunu arttırmaktadır [3]. Bu tespitler ışığında iş yükü ve hata oranını azaltacak şekilde hasta kontrol sistemlerinin geliştirilmesinin önemli olacağı görülmektedir.

Hasta veya erken doğan bebeklerde otomatik sıcaklık kontrol sistemi tam olarak gelişmediğinden, kendi vücut ısılarını kontrol altında tutamazlar ve bu sıcaklığı düşük ortamlarda hızla ısı kaybederler [7].

Bebeklerde en önemli problemlerden biri de bebeğin ince ve gelişmemiş cildi sebebi ile ciltten hem buharlaşma yoluyla hem de solunumla meydana gelen ve hissedilmeyen sıvı kaybıdır. Gerek erken doğan, gerekse normal doğan bebeklerin sınırlı beslenebilmelerinden dolayı buharlaşma yolu ile kaybedilen bu sıvının oral yoldan temini mümkün değildir. Bu konuda en geçerli ve bebeği en az rahatsız eden yöntem yoğun bakım ortamında nem oranını en uygun seviyede tutmaktır. Bu sebeple daha etkili nemlendirme yöntemleri kullanılarak, bebeğin doğum ağırlığı gibi klinik durumları göz önüne alınarak, kuvöz ortamında %30-70 bağıl nem oranı aralığında nemlendirme yapılması gerekir [9].



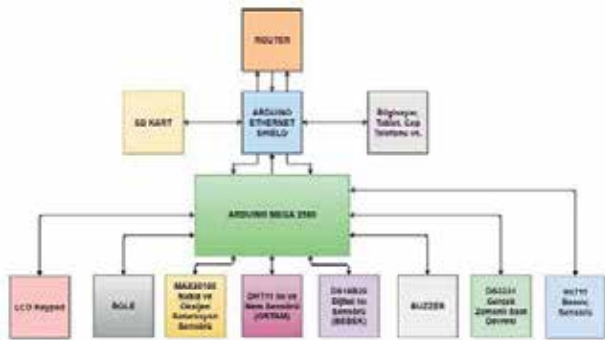
Bu çalışmada kuvöz cihazından elde edilen kuvöz içi sıcaklık, nem ve oksijen değerleri hesaplanarak kullanıcı panelinde anlık olarak görüntülenmesi sağlanmıştır. Bebekle ilgi hesaplanması gereken nabız, ağırlık, vücut sıcaklığı ve kandaki oksijen değerleri vücut üzerinden daha iyi sinyal alabilecek hassasiyetteki farklı sensörler tarafından hesaplanmıştır. Tüm parametrelerin kayıt altına alınması sırasında önemli değerlendirme koşullarından olan gerçek zamanlı saat bilgisi personel ekranında anlık görüntülenmesi sağlanmıştır.

Kuvözlerden elde edilen parametrelerin ve hangi zaman aralıklarında hangi donanımların çalıştığı bilgisi dijital olarak hafıza kartına kaydedilmesi sağlanmıştır. Bu kaydetme işlemi sayesinde veri kayıplarının önüne geçilmesi ve daha sık veri takibinin sağlanması amaçlanmıştır. Aynı zamanda internet arayüzü ile bu parametreler kullanılarak bebek kuvözlerinin çalışma biçimleri tedavi süreçlerine göre şekillendirilebilir. Ailelerin bebeklerinin tedavi süreçlerini izlemesi ve psikolojik olarak tedavi süreçlerinden olumsuz etkilenmemesi için kuvöz sistemine görüntü aktarma özelliği eklenmiştir. Böylece ailelerin, bebeklerini tedavi oldukları ortamda uzaktan takip edebilmesi sağlanmıştır.

Literatürde kablosuz iletişim yöntemleri kullanılarak EKG, vücut sıcaklığı, kan oksijen saturasyonu ve nabız gibi fizyolojik parametrelerin mikrodenetleyici kontrollü sensörler ile algılanıp, birden fazla hasta için anlık takibini sağlayan çalışmalar mevcuttur [4,5]. Aynı zamanda mevcut çalışmalar mikrodenetleyiciye bağlı seri Ethernet kartı vasıtasıyla IP numarası tanımlanarak internet bağlantısı sağlanmış bir sistemin çalışmasının uzaktan kontrolünün gerçekleştirilebileceğini göstermektedir [6].

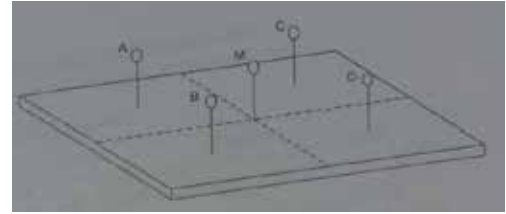
II. MATERYAL METOT

Bu çalışma Şekil 1'te gösterilen blok şeması üzerine tasarlanmıştır. Atmega 2560 mikrodenetleyiciye sahip, elektronik programlama kartına (Ardunio Mega 2560 R3) uyumlu, sinyal alan ve gönderen sensörlerin bağlanması ile gerçekleştirilmiştir. Sistem içerisine entegrasyonu sağlanan sensörlerin birbirleri ile uyumlu çalışması sağlanmıştır [12].



Şekil 1. Sistemin Blok Şeması

Gerçekleştirilen sistem tasarımında kuvöz kabinin her noktasında eşit sıcaklık ve nem dağılımının sağlanması hedeflenmiştir. Aynı zamanda sıcaklık ve nemdeki değişimlerin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Şekil 2'de kuvöz cihazlarının, sıcaklık dağılımının uygun şekilde ölçülmesine dayanan standart gösterilmiştir [8]. Sıcaklık ve nemin ölçülmesinde DHT11 sıcaklık ve nem sensörü tercih edilmiştir. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü dijital sinyal çıkışı veren gelişmiş bir algılayıcı birimdir. İyi bir güvenilirliğe sahip olan sensör çalışmalarda dengeli çıktılar sağlamaktadır. DHT11 içerdiği 8 bit mikroişlemci sayesinde kullanıcıya hızlı ve kaliteli bilgiler sunmaktadır. Sensör, kuvöz cihazlarının ulaştığı sıcaklık seviyesini 0 ile 50°C arasında 2°C hata payı ile nem seviyesini ise 20-90% RH arasında 5% RH hata payı ile ölçmektedir.



Şekil 2. Kuvöz Cihazlarının Sıcaklık Dağılımının Ölçüm Standardı[8]

Bebeğin kuvöz içerisindeki vücut sıcaklığı ise DS18B20 Wire su geçirmez sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Tek hat anlamına gelen Wire protokolü tek kablo üzerinden çift yönlü veri aktarıma imkân veren ve kullanım şekli olarak tek hat üzerinden birden fazla sensör, mikrodenetleyici ya da çevre birim ile iletişim kurmaktadır. Bu durum hat karmaşasını ve mikrodenetleyici ile haberleşme için gereken kanal sayısını azaltmaktadır. DS18B20 Sıcaklık sensörü -55 °C ile 125°C arasındaki sıcaklık değerlerini +/- 0.5°C hassasiyet oranı ile ölçebilmektedir. Bu nedenle vücut sıcaklığı ölçümlerinde yüksek kararlılık elde edilmiştir [15].

Sistem üzerinde bir adet MAX30100 Oksijen ve Saturasyon sensörü bulunmaktadır. MAX30100, pulse-oksimetre ve nabız bilgilerini bir arada sunan bir sensördür. İçerdiği kırmızı ve kızılötesi ledlerden ışık yayarak ve daha sonrasında yolladığı ışığın yansıma oranını ölçerek çalışmaktadır. Optimize edilen led rengi ve parlaklığı parmaktan nabız ölçümü için en uygun rengi koşulları sağlamaktadır. Ledlerden gelen sinyal, bir mikroişlemci tarafından işlenir ve hedef mikrodenetleyiciye MicroBus I2C hattı üzerinden göndermektedir [13].

Günümüzde kullanılan birçok kuvöz cihazında bebeğin ağırlığı manuel olarak gösterilmektedir. Tasarlanan sistemde 25 Kg hassasiyete sahip yük hücreleri olarak bilinen Load Cell kullanılmıştır. Temel çalışma prensibi, gerilim pulları adı verilen strain gauge'lere dayanmaktadır. Birim deformasyon ölçebilen bu küçük pullar, çeşitli konfigürasyonlarda özellikleri tanımlı çelikler üzerine yapılandırılmıştır. Strain gauge'ler ölçtükları yük nedeniyle



oluşan elastik bölgedeki fiziksel deformasyonu, elektriksel sinyallere dönüştürerek veri toplama sistemi tarafından algılanmasını sağlamaktadırlar. Fiziksel deformasyon verisi, birim deformasyon formatında ölçüldüğünde, çeşitli malzeme özelliklerinden yüke ulaşmak mümkündür. Tüm bu parametrelerden ulaşılması gerekli kalibrasyon adımları yazılımsal olarak gerçekleştirilerek, yük hücreleri kullanıcıya birim yük başına ne kadar elektriksel voltaj çıkışı alabileceğini hesaplayabileceği bir katsayı çıktısı sunmaktadır. Ölçülen elektriksel voltaj mili volt seviyelerindedir. Bu nedenle Hx711 kuvvetlendiricisi sisteme dâhil edilmiştir. Hx711 ağırlık sensörü kuvvetlendiricisi, tartma, basınç ölçümleri ve doğrudan bir köprü devresi ile arabirim kurmak için endüstriyel kontrol uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmış, 24 bit hassasiyete sahip analog dijital dönüştürücüdür. Sensör sayesinde düşük voltaj değerleri sistem mikro denetleyicisinin algılayabileceği seviyelere çıkarılmıştır [14].

Günümüzde hastanelerde hemşirelerin hasta odalarına giderek hasta başı monitörlerindeki ya da kuvözlerdeki bilgileri yazılı olarak kayıt altına almaktadırlar. Kayıt alma işleminin insan gücüne dayanması ve hastanelerdeki yenidoğan yoğun bakım kayıplarının ve yanlışlıkların çoğalmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda verilerin daha sık kontrol edilebilmesine engel teşkil etmektedir. Bu çalışmada verilerin daha sık aralıklarla dijital olarak birebir kayıt alınması sağlanmıştır. Elde edilen veriler ve sistemin çalışma durumları depolama birimi olan hafıza kartlarına kaydedilerek tedavi sürecini daha kontrol edilebilir olması amaçlanmıştır. Bu çalışmada Şekil 3'de gösterilen hafıza kartı kullanım prensibi kullanılmıştır. Kayıt altına alınması gereken kuvöz parametreleri mikrodenetleyici ile haberleşerek hafıza kartına kayıt alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama birimi olarak sistemin internet bağlantısını sağlayan Ethernet kartı üzerindeki SD kart soketi kullanılmıştır.



Şekil 3. Hafıza Kartı Kayıt Prensibi

Kuvöz cihazlarında kullanılmak üzere geliştirilen bu sistemde denetleyici ve uyarıcı mekanizmalar bulunmaktadır. Bu mekanizmaların kullanıcı kontrollü çalışabilmesi için sistem başlangıcında parametrelerin eşik değerleri belirlenmelidir. Bu amaca uygun olarak sistem üzerinde LCD panel kullanılmıştır. Mikrodenetleyici içerisine kaydedilen sistem yazılımı ile LCD panelin menü olarak kullanılması sağlanmıştır. Kullanıcı tasarlanan menü ile sensör ölçüm parametrelerinin eşik değerlerini set edebilmektedir.

Bebekte oluşabilecek acil durumlarda, tasarlanan sistemin düzgün çalışmaması ya da sensör değerlerinin belirlenen eşik değerleri dışına çıkması durumunda arıza çeşidi tespit edilerek internet arayüzüne aktarılıp personele sunulmaktadır. Aynı zamanda sistem anakartı üzerinde yer alan buzzer sayesinde sesli ikaz vermektedir. Entegre edilmiş bu sistem sayesinde acil durumlara müdahale hızı artırılarak tedavi süreçlerine olumlu etkide bulunması hedeflenmiştir.

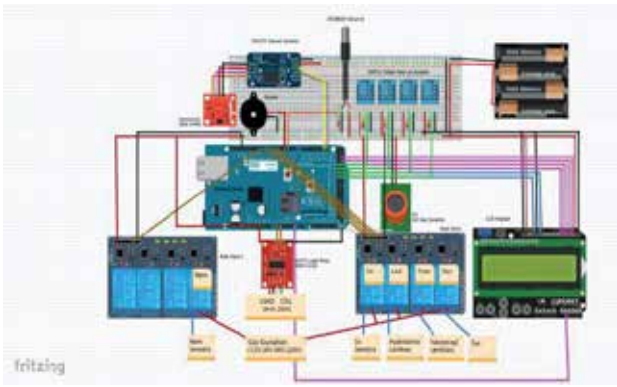
Şekil 4'te elde edilen verilerin aktarıldığı ve sistemin sahip olduğu donanımların (nemlendirici, fan, kuvöz aydınlatması, ısı resistansı, fototerapi ışıkları), kontrolünü röle vasıtasıyla sağlayacak internet arayüzü gösterilmiştir. Arayüzde yer alan yeşil (açma) ve kırmızı (kapama) butonlar sayesinde sisteme personel tarafından müdahale imkânı sunulmuştur. Kuvöz üzerinde yer alan donanımların çalıştırılıp çalıştırılmaması butonlar ile yapılmaktadır. Arayüz ekranında yer alan kuvöz bilgileri bölümünde sistemin en son okuduğu sensör değerleri gösterilmektedir. Bununla beraber ölçüm parametrelerinin personelin ayarladığı eşik değerleri dışına çıkması durumunda sesli ve görsel uyarıcı sistemler ve kontrol sistemleri devreye girmektedir. Nedeniyle birlikte sunulan uyarı sistemleri ile personelin gerekli önlemi almasındaki çözüm sürecini kısaltması sağlanmıştır. Ortaya çıkan sorun Şekil 4'te yer alan "Uyarı Yok" yazısının değişmesi ile kullanıcıya sunulmaktadır.

Sistemin kuvöz cihazlarına entegrasyonu sağlandıktan sonra bebek ve kuvöz ortamından alınacak verilerin daha kontrol edilebilir olması için arayüz ekranına dinamik grafikler yerleştirilmiştir. Zamana bağlı olarak nem, ısı, kuvöz ortam sıcaklığı, bebek vücut sıcaklığı, bebek nabız grafikleri ile personelin bu parametrelerini daha kolay takip etme imkânı sunulmuştur. Aynı zamanda önceki veri sonuçları grafik üzerinden okunabilmektedir. Sistem üzerinde WIZNET5100 mikro işlemcisine sahip kablolu internet bağlantısı sağlayan shield kullanılmıştır. Bu sayede kablosuz internet sinyallerinin azalması ve kopmasının önüne geçmek amaçlanmıştır.



Şekil 4. Takip Sistemi İnternet Arayüzü

Gerçekleştirilen web sitesi arayüzü kodları HTML programlama dili ile hazırlanmıştır. Arayüz yazılımı Arduino Mega 2560 R3 versiyonuna sahip elektronik programlama kartı içerisine gömülmüştür. Kullanıcı panel programının daha dinamik ve grafiksel verilere dayandırılması için IoT (Internet of Things) uygulamalarını kolaylaştıran Thingspeak arayüzü kullanılmıştır[10]. Elde edilen veriler Thingspeak arayüzüne gönderilir ve grafik tablolarının personel internet sitesine otomatik olarak getirilmesi sağlanmıştır. Şekil 5'te Fritzing programı kullanılarak devre elemanlarından oluşan şema gösterilmiştir.



Şekil 5. Devre Şeması

Şekil 6'da kuvöz cihazlarında kullanılması öngörülen sistem anakartı gösterilmiştir



Şekil 6 Tasarlanan Sistem Anakartı

IV. SONUÇLAR

Günümüzce kuvöz cihazlarının ölçtüğü verilen tasarlanan sistem ile anlık olarak personel internet arayüz ekranına aktarılabilirdiği kanıtlanmıştır. Geliştirilen kontrol sistemine benzer sistemler çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir [16,17,18]. Bu sistemin diğer sistemlere göre avantajı düşük maliyetli olmasıdır.

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında kuvöz ile entegrasyonu sağlanacak ve kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilecektir.

Ölçülen parametreler doğrultusunda sistemin sahip olduğu donanımların çalışma durumları internet arayüzü

kullanılarak değiştirilebilmektedir. Tasarlanan sistemde kullanılan kablolu internet protokolü ile birden fazla sistemin takip edilebilirliği gerçekleştirilebilecektir. Elde edilen veriler ve sistem donanımlarının çalışma durumları, her işlem yapıldığında ve belirlenen zaman aralıklarında depolama birimleri olan hafıza kartlarına kaydedilmiştir. Bu yazılım sayesinde verilerin dijital olarak kaydedilmesi sağlanmış olup daha sık veri depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem gelecekte kuvöz cihazlarına entegre edilerek uzaktan takip sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bilim ve teknoloji alanında geliştirilmeye açık olabilecek bu çalışma sadece yenidoğan yoğun bakım üniteleri için değil gelecekte tüm medikal cihazlarda uygulanabilmesi için öncü bir proje olmayı hedeflemektedir.

KAYNAKLAR

- [1] T.C. Sağlık Bakanlığı, "Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2015", *SAGEM-2016/1, 1054*, 100-115 (2015).
- [2] Şahin, Z.A., Özdemir, F.K., "Hemşirelerin Tıbbi Hata Yapma Eğilimlerinin İncelenmesi", *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 3, 210-214 (2015).
- [3] Bal, M.D., "Yataklı Tedavi Kurumlarında Hemşire İnsan gücü Planlama Yaklaşımları", *Sağlık ve Hemşirelik Dergisi*, 147-154 (2014).
- [4] Kurban, R., "Kablosuz Taşınabilir Uzaktan Sağlık İzleme Sistemi: Mobil Sağlık Danışmanı", Yüksek Lisans Tezi, *Eriyes Üniversitesi*, 39-45 (2006).
- [5] Eriş, Ö., Korkmaz, H., Tokar, K., Buldu, A., "İnternet Üzerinden Hasta Takibi Amaçlı PIC Mikrodetleyicisi Tabanlı Kablosuz Pals-Oksimetre Ölçme Sistemi Tasarımı ve LabVIEW Uygulaması", *TURKMIA'10 Proceedings 16 VII. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi Bildirileri*, 1, 16-25 (2009).
- [6] Turan, G., "Seri Ethernet Kartı İle İnternet Üzerinden Asenkron Motorların Kontrolü ve İzlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, 15-25 (2013).
- [7] Küçüköyük, Ş., "Yenidoğan ve Konvülsiyonları", *Yeni Tıp Dergisi*, 10, 85-94 (1993).
- [8] Türk Standardları Enstitüsü, "Elektrikli Tıbbi Donanım- Bebek Kuvözlerinin Temel Güvenirliği ve Gerekli Performansı İçin Belirli Özellikler", *TS EN 60601-2-19*, 1-29 (2012).
- [9] Burunkaya, M., "Sıcaklığı, Bağlı Nem Oranı ve Oksijen Gazı Konsantrasyonu Mikrodetleyicisi İle Kontrol Edilebilen Bir İnkübatör Sistemi Tasarımı ve Yapımı", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 6-15 (2002).
- [10] İnternet: IOT, <http://www.iot.gen.tr/2015/12/13/nesnelerin-interneti-icin-veri-kayit-alanlari-thingspeak-temel-kullanim> (2017).
- [11] DHT11 Temperature & Humidity Sensor Datasheet
- [12] Mega 2560 Datasheet, 2018
- [13] MAX30100 Datasheet, 2018
- [14] HX711 Datasheet, 2018
- [15] DS18B20 Datasheet, 2018
- [16] Shin, D. I., Huh, S. J., Lee, T. S., & Kim, I. Y. (2003). Web-based remote monitoring of infant incubators in the ICU. *International Journal of Medical Informatics*, 71(2-3), 151-156. [https://doi.org/10.1016/S1386-5056\(03\)00095-9](https://doi.org/10.1016/S1386-5056(03)00095-9)
- [17] Huang, T., & Sun, L. (2015). Design and Implementation of the Infant Incubator Intelligent Control System Based on Internet of Things. *The Open Automation and Control Systems Journal*, 7(1), 2223-2229. <https://doi.org/10.2174/1874444301507012223>
- [18] Sujithanand A, Srinivasan S, Abishek K, & Nagaraju N. (2007). Infant Incubator Monitoring system with Remote Access (IIMRA). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(3), 266-271. Retrieved from https://www.ijrset.com/upload/2017/ncfscps/45_56_Infant.pdf