

Çoklu Algılayıcı Cihaz Tasarımı ile Nabız-Galvanik Deri Tepkisi Analizi

Pulse-Galvanic Skin Response Analysis with Multiple Sensor Device Design

Mehmet Ali DİNÇER¹, Kübra EVREN ŞAHİN², Savaş ŞAHİN³

¹ Biyomedikal Teknolojileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye
mehmet.ali.dincer@hotmail.com

² İzmir Dr. Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İzmir, Türkiye
kubraevren@gmail.com

³ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye
sahin.savas@yahoo.com

Özetçe— Bu çalışmada girişimsel olmayan yöntemlerle hasta verilerinin ölçümünü ve kayıtlarını yapabilen, düşük maliyetli elektronik kart tabanlı medikal cihaz geliştirilmesi açıklanmıştır. Elde edilen verilerden nabız ve galvanik deri tepkisi (GSR) için tanımlayıcı istatistik analizi yapılmış ve regresyon modeli bulunmuştur. Hastaların tedavi, tıbbi operasyon ve bakım dönemleri içinde hastadan aynı anda birden fazla algılayıcı yardımıyla farklı verilerin eşzamanlı olarak ölçülmesi, kaydedilmesi önemlidir. Tasarlanan cihazdan ölçülebilen veriler hastanın pozisyon, GSR, solunum hızı, kandaki oksijen miktarı ve kalp atım hızı olarak belirlenmiştir. Tasarlanan ölçüm ve kayıt sistemi gömülü sistem tabanlı mikro denetleyici kartı ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistem, ölçülen girişimsel olmayan verileri cihaz üzerinde led ekran, seri port, mikro-SD kart veya nesnelerin internetine uygun ortamda gözlenebilmekte ve kayıt yapabilmektedir.

Anahtar Kelimeler— Galvanik Deri Tepkisi; Nabız Ölçümü; Çoklu Algılayıcı; Medikal Cihaz Tasarımı.

Abstract— In this study, the development of a low-cost electronic card-based medical device measuring and recording patient data was described via non-invasive methods. Both the descriptive statistical analysis and the regression model was performed from the pulse and galvanic skin response (GSR) from the volunteer' data. It is important to measure and record different data simultaneously with multiple sensors from the patient during the treatment, medical operation and care periods of the patients. The data measured from the designed device was evaluated for the patient's position, GSR, the respiration rate, the blood oxygen content, and the heart rate. The designed measurement and recording device were implemented with an embedded system-based microcontroller card. The designed device might provide for monitoring and recording data with led display, serial port, microSD card or internet of things.

Keywords— Galvanic Skin Response; Pulse Measurement; Multiple Sensor; Medical Device Design.

I. GİRİŞ

Son yıllarda girişimsel olmayan yöntemlerle hayati vücut verilerinin ölçümü, kayıtlanması veya internete aktarılması ameliyatlarda peri-operatif dönem, yoğun bakım, palyatif bakım, evde bakım ve kronik ağrı takibi uygulamaları için uygun çözümler sunmaktadır [1-5]. Bu çözümler bilgi ve iletişim teknolojileri kullanımının her alanda olduğu gibi sağlık sektöründe de ağrı tedavisi, yoğun bakım ve evde bakım alanlarında sıkça kullanılmaya başlanması ile yaygınlaşmıştır. Yaşam süresi artan dünya nüfusunun, sağlık hizmetleri talebi ve bütçeye olan yükleri artmakta olup, bunun doğal sonucu olarak da ekonomik olan elektronik tabanlı sağlık durumu izleme cihazlarının geliştirilmesi kaçınılmazdır [1]. Geliştirilen bir uygulamada, akıllı telefona entegre bir sistem ile kronik ağrı sıkıntısı yaşayan genç hastalara yönelik internet tabanlı öz yönetim yöntemi ile hastalar kendi ağrı nedenlerini ve seviyelerini değerlendirip sağlık ekiplerine uzaktan bilgilendirme yapabilmektedir [2]. Benzer bir çalışmada, kaygı bozukluğu olan hastalar için de düşük maliyetli giyilebilir bir cihaz aracılığıyla kaygı belirtileri ölçülerek, şiddetli kaygı atağı uyarısı yapılmaktadır [3]. Geliştirilen sistemlerde girişimsel olmayan ölçülecek hayati vücut değişkenleri, kalp atımı, kandaki oksijen miktarı (SPO2), galvanik deri tepkisi (GSR), solunum için hava akışı ve üç eksenli vücut konum bilgisi olarak sayılabilir [6-14]. Bilimsel yazında bu değişkenler giyilebilir algılayıcılarla donatılmış taşınabilir platformlarda kullanılmış ve önemli analiz sonuçlarına ulaşılmıştır. Örneğin, hastanın kalp atım sayısı ve hava solunum değişkenleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak analiz edildiği bir çalışma yapılmıştır [6]. Benzer bir çalışmada, Zigbee ile yapılan elektronik donanıma sahip bir sistem ile kalp atım hızı, Elektro Kardiyografi (EKG) ve girişimsel olarak alınan kan şekeri verileri uzaktan

izlenebilmekte ve veriler saklanabilmektedir [7]. Yaşlı ve engelli insanlar için girişimsel olmayan verilerin ölçülmesi sağlık durumlarının takip edilmesi EKG, hava akışı ve GSR ile sağlık monitörü olarak sistem tasarımı yapılmıştır [8]. Açık kaynak donanımlı cihaz geliştirilmesi ile herkesin girişimsel olmayan tipteki sağlık verilerini ölçme, kayıtlama ve nesnelerin interneti ortamında verilerini paylaşma imkânı bulmasını sağlamıştır [9]. Girişimsel olmayan vücut verilerinin kendi içinde öncelik sırası ile sınıflandırılması ve uzaktan sağlık izleme işleminin yapılması da başka bir çalışmadır [10]. İnsanın giyilebilir EKG, hava akışı ve GSR algılayıcılarla değişkenlerini izleyen ve çok kipli olan insan tanımlama sistemi [11], acil durumlarda uyarıda bulunan ve duygusal tepkileri analiz edebilen uzaktan bilgilendirme yapısına sahip sistemler bulunmaktadır [12-14].

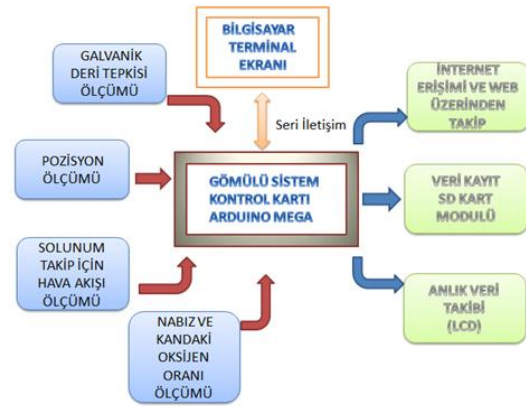
Elektronik ve medikal sistemlerde girişimsel olmayan donanımların gelişen teknoloji ile çeşitlilik sunması düşük maliyetli taşınabilir veya giyilebilir tıbbi amaçlı cihaz geliştirilmesine olanak sağlayarak, hayati vücut değişkenleri sürekli ölçülebilir. Bir firma tarafından üretilen elektronik sağlık platformu iyi bir örnektir [15]. Girişimsel olmayan hasta verilerinin ölçülmesi ve toplanması sabit sistemlerle maliyetli ancak kısıtlı değişken sayısı ve taşınabilir olanlar için daha düşük maliyetli yapıdadır. Ancak, gelişmekte olan ülkeler için hala bu tipteki medikal cihazlar bireysel hasta kullanımı için ekonomik ve kolay kullanılabilir hale getirilmeye çalışılıyor. Bu nedenle, bu çalışmada sistemin tamamını hazır kitle tasarlamak yerine çoklu algılayıcılarla ve uygun gömülü sistem ve yazılımının tasarımı ile daha ekonomik cihaz tasarımı amaçlanmıştır. Ölçülecek girişimsel olmayan hayati vücut değişkenleri nabız, SPO2, GSR, solunum için hava akışı ve üç boyutlu vücut konum bilgisi olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda, elde edilen gönüllü verilerinden nabız ve GSR için tanımlayıcı istatistik analizi yapılmış ve doğrusal bir regresyon modeli bulunmuştur.

Çalışmanın geri kalan bölümleri sırasıyla dört bölüm olarak sunulmuştur. İkinci bölümde tasarlanan elektronik donanım ve yazılım özellikleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde laboratuvar uygulamasında elde edilen bulgular anlatılmıştır. Dördüncü bölümde tasarlanan sistem üzerinde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

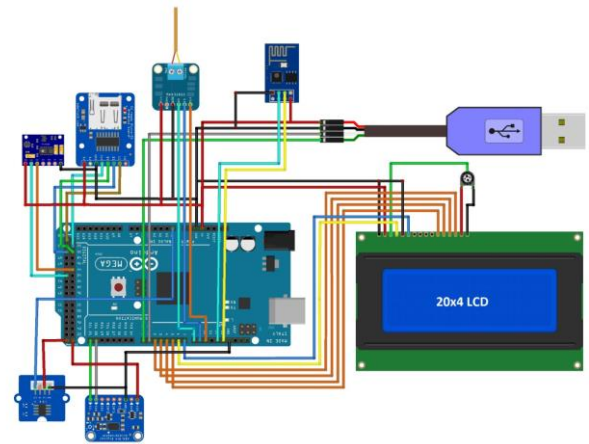
II. ÇOKLU ALGILAYICI CİHAZ TASARIMI

Tıbbi cihazla yapılan sağlık uygulamalarında girişimsel olmayan yöntemlerle hastadan çoklu algılayıcı cihaz yardımıyla verilerin eşzamanlı olarak ölçülmesi, saklanması ve kolay uygulanabilir olması önemli tasarım ölçütleridir. Çoklu algılayıcı tıbbi cihazın donanım tasarımı gömülü sistem tabanlı elektronik kart ile gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan cihazın genel yapısı Şekil 1'de, tasarlanan devre şeması Şekil 2'de ve sistemin gerçekleştirilmesi de Şekil 3'de verilmiştir. 4 farklı algılayıcı ile 5 değişken ölçülebilmektedir. Ölçülebilen değişkenler arasında GSR, hasta pozisyonu, solunum hızı, kalp atım hızı ve kandaki oksijen oranı bulunmaktadır. Algılayıcılar ve gömülü

sistem kartının sayısal, analog ve I2C portlarına bağlanmıştır. Algılayıcılardan alınan veriler bilgisayar, LCD ekran, mikro-SD ve seçenekli olarak kablolu veya kablosuz bağlantı ile internet ortamına aktarılabilir. Bunun için ise seri haberleşme ve Wi-fi protokolleri kullanılmıştır. Tasarlanan çoklu algılayıcı tıbbi cihaz tasarımında kullanılan gömülü sistem kartı ATmega2560 mikrodenetleyici ile gerçekleştirilmiş olup, yazılan kodların derlenmesi açık-kaynak Arduino yazılımı (IDE) versiyon 1.8.15 ile yapılmıştır [16].



Şekil 1. Tasarlanan çoklu algılayıcı cihazın genel yapısı ve blok şeması



Şekil 2. Tasarlanan cihaz şeması



Şekil 3. Çoklu algılayıcı tıbbi cihazın gerçekleştirilmesi

GSR algılayıcı galvanik deri tepkisini cildin elektrik akımına karşı verdiği cevap ile ölçmektedir [17]. İnsanın duygusal veya fiziksel nedenlerle bir heyecan değişimi

yaşadığında sinir sistemine gelen uyarılar vasıtasıyla ter bezleri etkilenir ve cildin elektrik geçirgenlik değeri zamanla değişen bir değişken olarak ölçülebilir. GSR algılayıcı elin iki parmağına giyilebilir yapıda kullanılır (Şekil 4).



Şekil 4. GSR algılayıcı ve bağlantısı

Pozisyon algılayıcı olarak 3 eksenli eğim algılayıcı ADXL345 modülü kullanılmıştır [18]. Özellikle hasta yatış konumunun tedavi nedeniyle belli zaman aralıklarında değişmesi ve/veya değişmemesi gereken uygulamalarda önem taşımaktadır. Yatağa bağımlı olmuş vücut yaraları, yanık tedavisi uygulamaları ve/veya yoğun bakımda tedavi gören hastaların pozisyon takiplerinde önceden belirlenen referans değerleri için pozisyon ve/veya belli süreler için programlama yapılabilir. Bu işlem için ilgili modül ile hastanın 3 eksen için eğim bilgileri başlangıç pozisyonu için ayarlanır konumun değişmesi yada değişmemesi istenen durumlar için yazılımsal değişiklikler yapıp zil ile sesli uyarı sistemi devreye alınır. Kalp atım hızı ve SPO2 ölçümü Max30100 nabız ve oksimetre algılayıcı ile yapılmaktadır [19]. Algılayıcı belirli bir dalga boyunda ışık gönderen ve bu dalga boyuna uygun optik alıcıdan oluşur. Solunum takip için kullanılan hava akış algılayıcı solunum hızı ve/veya süresini ölçebilen bir yapıya sahiptir. Anormal solunum hızı vücut için bir belirsizlik veya hastalık göstergesi olarak yorumlanabilir. Bu nedenle, hipoksemi ve apne gibi rahatsızlıkların tespiti için kullanılabilir. Algılayıcı, burun ön kısmına yerleştirilen iki uçtan solunum sırasındaki hava sıcaklık değişimini algılar ve periyodu hesaplanır (Şekil 5).



Şekil 5. Solunum süresi ölçüm algılayıcı

III. DENEYSEL SONUÇLAR VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

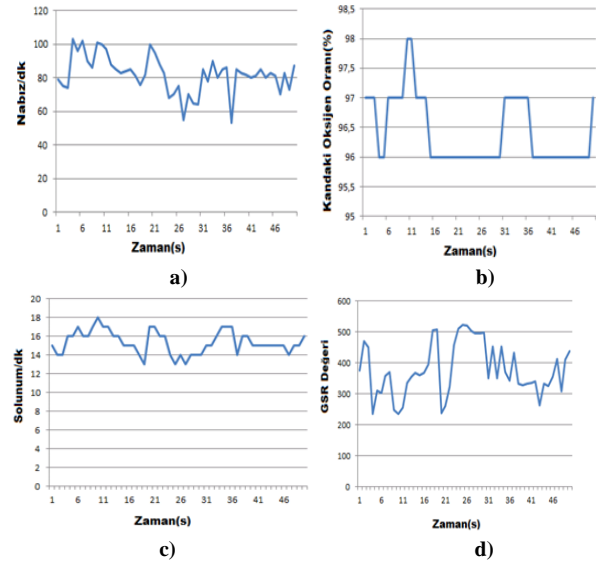
Bu çalışmada çoklu algılayıcı tıbbi cihazın donanım tasarımı gömülü sistem tabanlı elektronik cihaz ile deneysel sonuçlar çalışmaya katılmayı kabul eden gönüllü üzerinde girişimsel olmayan yöntemle gerçekleştirilmiştir

(Şekil 6). Gönüllü verileri ölçüm sıralaması etiketi, nabız, SPO2, solunum/dk ve GSR değerleri olarak sistem hafıza kartına kayıt aktarılmaktadır.



Şekil 6. Cihazın sınavması ve ölçüm alınması

Ölçülen verilerin zamana göre değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Veri seti 5 saniyelik örnekleme ile 50 ölçüm alınarak oluşturulmuştur. GSR değeri sensör modülü üstünde bulunan yükselteçler ve gerilim bölücü dirençler vasıtasıyla 0-5 V arasında bir gerilim seviyesine oradan da yazılımsal olarak 0-1023 arasında bir sayısal bir değere çevrilerek veri analizinde kullanılır. Nabız, SPO2, solunum/dk ve GSR değerleri için başlangıç değerleri sırasıyla 79, %97, 15 ve 375 olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. Girişimsel olmayan değerlerin zamana göre değişimleri (a) nabız, (b) SPO2 (c) solunum/dk, (d) GSR değişkeni

Ölçülen gerçek verilerden nabız ve GSR arasındaki ilişkiyi analiz edebilmek için SPSS sürümü 24 paket istatistik programı ile tanımlayıcı analiz ve doğrusal regresyon yöntemiyle test edilmiştir. Ölçümü alınan verilerin en düşük, en yüksek, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de hesaplanarak verilmiştir. Doğrusal regresyon analizi ile nabız ve GSR arasında $R^2=0.654$ uygunluk ilişkisinin olduğu yapılan testin sonucunun sigmanın oldukça küçük yani güvenilir olduğu bir başka anlatımla

istatistiksel olarak rastlantısal olmayıp anlamlı sonuç elde edildiği doğrulanmıştır (Tablo 2).

	Ölçüm sayısı	Min	Maks.	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Nabız	50	53	103	82,20	10,962	120,163
GSR	50	235	522	375,84	83,940	7045,974

Tablo 1. Nabız ve GSR değişkeni için tanımlayıcı istatistik analizi

Model	R	R square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.809	0.654	0.647	6.513

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
1 Regression	3852.089	1	3852.089	90.819	0.000
Residual Total	2035.911	48	42.415		
	5888.000	49			

Tablo 2. Nabız ve GSR için doğrusal regresyon analizi

IV. SONUÇ

Bu çalışmada girişimsel olmayan yöntemlerle hasta verilerinin ölçümünü ve kayıtlarını yapabilen, düşük maliyetli elektronik kart tabanlı medikal cihaz geliştirilmiştir. Elde edilen verilerden nabız ve GSR için tanımlayıcı istatistik ve regresyon analizi yapılmıştır. Tasarlanan cihazdan ölçülebilen veriler hastanın pozisyon, GSR, solunum hızı, kandaki oksijen miktarı ve kalp atım hızı olarak belirlenmiştir. Tasarlanan ölçüm ve kayıt sistemi gömülü sistem tabanlı mikro denetleyici kartı ile gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Giuseppe Aceto, Valerio Persico, Antonio Pescapé, The role of Information and Communication Technologies in healthcare: taxonomies, perspectives, and challenges, Journal of Network and Computer Applications, Volume 107, 2018, Pages 125-154.
- [2] Jennifer N Stinson, Chitra Laloo, Lauren Harris, et al., "iCanCope with Pain™: User-Centred Design of a Web- and Mobile-Based Self-Management Program for Youth with Chronic Pain Based on Identified Health Care Needs," Pain Research and Management, vol. 19, no. 5, pp. 257-265, 2014.
- [3] McEuen A., Proffitt J., Camba J.D., Kwon E. (2017) &You: Design of a Sensor-Based Wearable Device for Use in Cognitive Behavioral Therapy. In: Duffy V., Lightner N. (eds) Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 482. Springer, Cham
- [4] Kirnő K, Kunimoto M, Lundin S, Elam M, Wallin BG. Can galvanic skin response be used as a quantitative estimate of sympathetic nerve activity in regional anesthesia? Anesth Analg. 1991 Aug;73(2) 138-142. PMID: 1854028.
- [5] Baig, Mirza Mansoor, and Hamid Gholamhosseini. "Smart health monitoring systems: an overview of design and modeling." Journal of medical systems 37.2 (2013): 9898.
- [6] Miramontes, R., Aquino, R., Flores, A., Rodríguez, G., Anguiano, R., Ríos, A., & Edwards, A. (2017). PlaMoS: a remote mobile healthcare platform to monitor cardiovascular and respiratory variables. Sensors, 17(1), 176.
- [7] Abdullah, A., Ismael, A., Rashid, A., Abou-ElNour, A., & Tarique, M. (2015). Real time wireless health monitoring application using mobile devices. International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), 7(3), 13-30.
- [8] Tuna, Gurkan, Resul Das, and Ayse Tuna. "Wireless sensor network-based health monitoring system for the elderly and disabled." International Journal of Computer Networks and Applications (IJCNA) 2.6 (2015): 247-253.
- [9] Niezen, Gerrit, Parisa Eslambolchilar, and Harold Thimbleby. "Open-source hardware for medical devices." BMJ innovations (2016): bmjinnov-2015.
- [10] Gündoğdu, Köksal, and Ali Çalhan. "An implementation of wireless body area networks for improving priority data transmission delay." Journal of medical systems 40.3 (2016): 75.
- [11] Camara, C., Peris-Lopez, P., Tapiador, J. E., & Suarez-Tangil, G. (2015). Non-invasive multi-modal human identification system combining ECG, GSR, and airflow biosignals. Journal of Medical and Biological Engineering, 35(6), 735-748.
- [12] Khelil, A., Shaikh, F. K., Sheikh, A. A., Felemban, E., & Bojan, H. (2014, November). DigiAid: A wearable health platform for automated self-tagging in emergency cases. In Wireless Mobile Communication and Healthcare (MobiHealth), 2014 EAI 4th International Conference on (pp. 296-299). IEEE.
- [13] ZAINEE, Norhayati Mohd; CHELLAPPAN, Kalaivani. Emergency clinic multi-sensor continuous monitoring prototype using e-health platform. In: Biomedical Engineering and Sciences (IECBES), 2014 IEEE Conference on. IEEE, 2014. p. 32-37.
- [14] Liu, M., Fan, D., Zhang, X., & Gong, X. (2016, November). Human emotion recognition based on galvanic skin response signal feature selection and svm. In Smart City and Systems Engineering (ICSCSE), International Conference on (pp. 157-160). IEEE.
- [15] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical> Son Erişim, 11 Nisan 2021.
- [16] <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> Son Erişim, 11 Nisan 2021.
- [17] <https://www.seeedstudio.com/Grove-GSR-sensor-p-1614.html> Son Erişim, 11 Nisan 2021.
- [18] <https://www.analog.com/en/products/adxl345.html> Son Erişim, 11 Nisan 2021.
- [19] <https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX30100.html> Son Erişim, 11 Nisan 2021.