

MOBİL DAMAR GÖRÜNTÜLEME CİHAZI TASARIMI

¹Ömer Faruk Boyraz ve ¹Mustafa Zahid Yıldız*

¹Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Geleneksel yöntemler kullanılarak çocuklarda, yaşlılarda, obezlerde, ağır yanık vakalarında veya koyu tenli kişilerde gerek tedavi gerekse de muayene esnasında damarların bulunması oldukça güç olabilmektedir. Bu gibi dezavantajları ortadan kaldırmak için birçok damar görüntüleme yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çalışmada da bunlardan birisi olan yakın kızılötesi (near infrared) görüntüleme teknolojisi kullanılarak Raspberry Pi mikrobilgisayar tabanlı bir damar görüntüleme sistemi tasarlanmıştır.

Kızılötesi görüntüleme, kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin gelen kızılötesi ışınları soğurması özelliğinden yararlanılarak damarların diğer dokulardan daha koyu bir şekilde görüntülenmesi sağlanır.

Cilt üzerine 850 nm dalga boylu ışık kaynaklarından yollanan ışınlar deri üzerine yansıtılır. Cilt yüzeyine yansıtılan kızılötesi ışınlardan görüntü alınabilmesi için RPi kızılötesi kamera modülü kullanılmıştır.

Kamera ile elde edilen el damar görüntüleri Raspberry Pi'da OpenCV açık kaynak kodlu kütüphanesi kullanılarak Python dilinde sırasıyla; gri seviyeye dönüştürme, kontrast sınırlı histogram eşitleme, medyan filtresi, adaptif eşikleme ve morfolojik işlemler uygulanarak işlenmiştir. Bu sayede alınan ham görüntü üzerinde damar tespiti yapılmıştır.

Key words: Kızılötesi damar görüntüleme, raspberry pi, el damar görüntüsü, damar tespiti

Abstract

Finding blood veins might be difficult by using conventional methods during treatment and physical examination for children, elder people, obese people, severe burn victims and dark skinned people. To cope with these difficulties, many blood vein imaging approaches have been developed. In this study, a Raspberry Pi microcomputer based blood vein viewing system was designed by utilizing near infrared imaging technology.

In the infrared imaging, the veins appear darker than other human tissues due to the absorption of infrared rays by the hemoglobin in the red blood cells.

Light rays with 850 nm wavelength were reflected to the skin from the infrared light source. To capture the reflected rays, an Rpi infrared camera module is used. The images of hand veins obtained from the camera were processed by using grayscale conversion, contrast limited histogram equalization, median filter, adaptive thresholding and morphologic processes respectively. These imaging processes were done in Python language that uses OpenCV open source code library in the Raspberry Pi. By using the process mentioned above, veins were detected from the raw image.

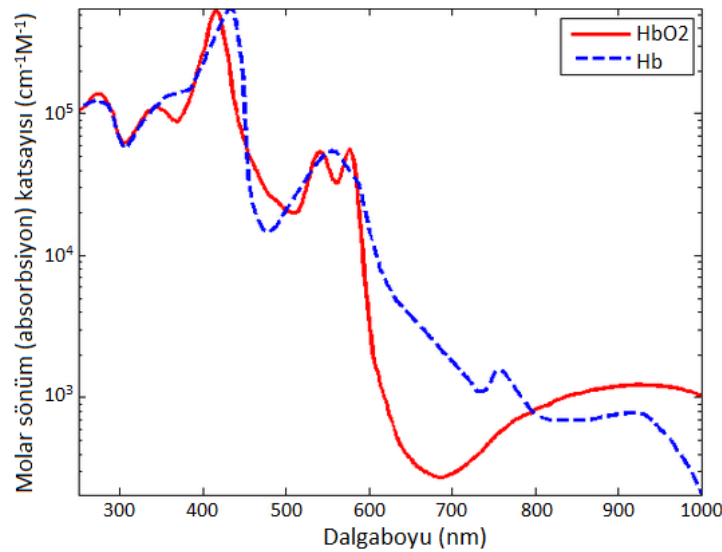
Key words: Infrared vein viewing, raspberry pi, hand vein pattern, vein detection

1. Giriş

Günümüzde dünyada her gün 500 milyon damar yolu açma işlemi barındıran müdahaleler gerçekleştirilmektedir. Yapılan ilk müdahalelerde damar yolunun bulunması %95,2 – 97,3 arasında başarı ile gerçekleşmesine rağmen kalan 14 milyon civarındaki prosedürde 2. ve sonraki denemelerde başarı sağlanırken 14.000 civarında prosedürde ise 4. ve daha sonraki denemelerde başarılı olduğu istatistiki olarak hesaplanmıştır. Bu işlemlerin hasta açısından daha az acılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak olan bir damar görüntüleme cihazı, hastanın ve sağlık görevlisinin fiziksel ve ruhsal yükünü azaltacaktır. Bu sayede hasta üzerinde uygulanacak diğer bütün işlemler daha hızlı ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilecektir. Bir damara kanülasyonun zorluk derecesi damar derinliğine, yağ dokusu miktarına, deri pigmentasyonuna ve kan hacmi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu etkenlerle çıplak gözle damarları bulmak zor ya da imkansızdır. Özellikle bebeklerde kanülasyon çok daha zordur. Bunun nedeni ise damarların çapının küçük olması ve üzerinin yağ dokusuyla kaplı olmasıdır [1].

Bu gibi problemlerin olası bir çözümü deri yüzeyi altındaki kan damarlarının görselleştirilmesi ile lokalizasyonun geliştirilmesidir [2]. Damar görüntüleme için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Ultrason damar görüntüleme için kullanılan yöntemlerden birisidir fakat ekstra beceri, yardım gerektirir ve maliyeti de yüksektir [3]. Damar görüntüleme için diğer bir yöntem ise kızılötesi ışık kaynağı kullanarak damar harita yapmalarının tespit edilmesidir.

Elektromanyetik spektrumda, 740 ile 1100 nm dalga boyu aralığı medikal spektral pencere olarak adlandırılır [4]. Damar Görüntüleme Sisteminde, Şekil 1’de gösterilen hemoglobin emilim spektrumu referans alınarak damar görüntüsü almak için hedef bölge 700-1000 nm dalga boyu aralığına sahip yakın-kızılötesi ışık kaynakları ile aydınlatılır [5]. Cilt üzerine gönderilen ışınların deri altına nüfuz ederek damarlarda bulunan deoksijene hemoglobin tarafından diğer çevresel dokulara oranla daha fazla emilir. Böylelikle damar desenlerinin kızılötesi kamera kullanılarak diğer dokulardan daha koyu bir şekilde görüntülenmesi sağlanır [6,7].



Şekil 1. Hemoglobin emilim spektrumu

Yakın-kızılötesi görüntüleme bu özelliğinden dolayı kimlik tanıma sistemlerinde de kullanılmıştır. Cross ve Smith el damar haritalarını çıkarmak için yakın kızılötesi görüntüleme tekniğini kullanmışlardır [8]. Yakın-kızılötesi led dizileri ve CCD kamera kullanılarak yapılan bir başka çalışmada deneklerden el damar görüntüleri alınmış ve damar örüntüleri çıkarılmıştır. Bu örüntüler kullanılarak FFT tabanlı faz korelasyon şeması kullanarak kimlik doğrulama ve eşleştirme yapılmıştır [9].

Termal görüntüleme (uzak-kızılötesi) ortam koşullarına son derece hassas ve pahalı bir sistemdir. Buna karşın yakın-kızılötesi görüntüleme çevre ve vücut koşullarındaki değişikliklere daha toleranslıdır [5]. Bu nedenle bu çalışmada yakın-kızılötesi görüntüleme tekniği kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Kızılötesi ışınların, kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin gelen ışınları soğurması özelliğinden yararlanılarak damarların diğer dokulardan farklı olarak görüntülenmesi sağlanır. Kızılötesi ışınların bu özelliğinden faydalanarak damar örüntüsü tespiti için cilt üzerine yansıtılmak üzere 850 nm dalga boyuna sahip kızılötesi power led kullanılmıştır.

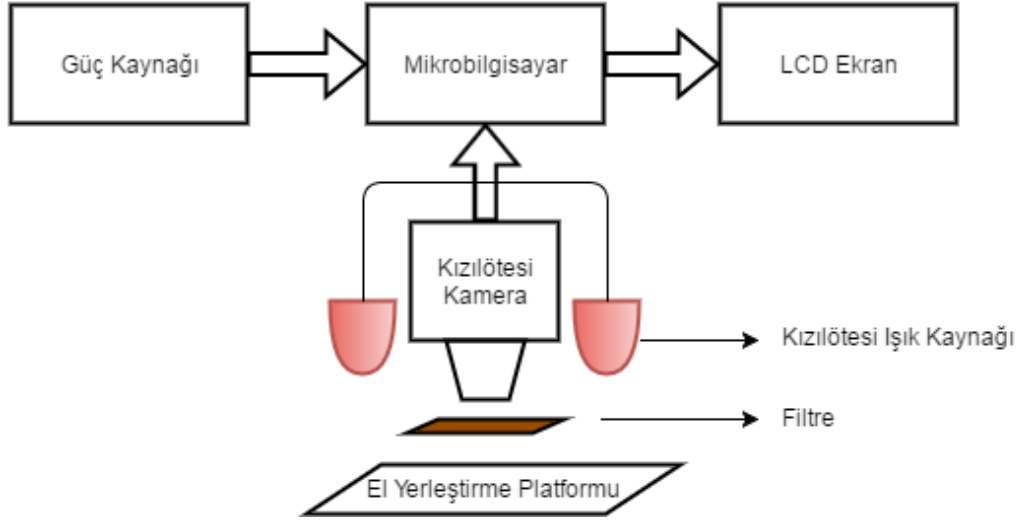
Power led kızılötesi ışın kaynaklarından deri yüzeyine yollanan ışınlardan görüntü alınabilmesi için 5 MP (2592x1944 piksel) çözünürlüklü Raspberry Pi 3 (Galler, Raspberry Pi Vakfı) kızılötesi kamera modülü kullanılmıştır. Kullanılan RPi kamera lensinin önüne görünür ışığın etkisini ortadan kaldırmak ve deri yüzeyinden yansıyan kızılötesi ışınların kameraya ulaşabilmesi için Kodak 87C Wratten optik kızılötesi filtresi yerleştirilmiştir.

RPi kızılötesi kamerası ile elde edilen damar örüntü bilgilerinin çeşitli görüntü işleme teknikleriyle iyileştirilebilmesi için Şekil 2’de gösterilen Raspberry Pi 3 mikrobilgisayarı kullanılmıştır.



Şekil 2. Raspberry Pi 3 mikrobilgisayarı

İşlenen görüntüler RPi HDMI çıkışı sayesinde Rpi resmi lcd ekranına aktarılmış ve bu şekilde gerçek zamanlı olarak damarların görüntülenebilmesi sağlanmıştır. Şekil 3'te sistemin kurulum mimarisi gösterilmiştir.

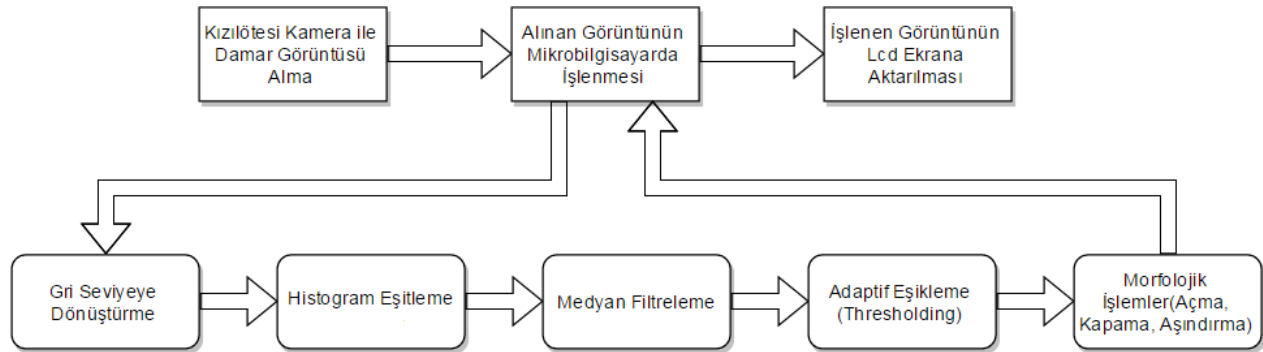


Şekil 3. Sistemin kurulum mimarisi

Damar görüntüsünün çıkarılabilmesi için Raspberry Pi 3 kızılötesi kamerasıyla hedef bölgeden alınan görüntüler OpenCV açık kaynak kodlu kütüphanesi kullanılarak Python dilinde çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak iyileştirilmiştir. Bu sayede alınan ham görüntü üzerinde damar tespiti yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Alınan el-üstü damar görüntüleri üzerinde sırasıyla; gri seviyeye dönüştürme, histogram eşitleme, medyan filtreleme, adaptif eşikleme ve iki seviyeli görüntü üzerinde oluşan gürültülerin giderilebilmesi için çeşitli morfolojik işlemler (açma-kapama-aşındırma) uygulanmıştır. Şekil 4'te sistemin genel akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 4. Sistemin akış diyagramı

Renkli bir görüntüyü gri tonlamalı hale dönüştürmek için görüntüdeki kırmızı, yeşil ve mavi değerlerin ağırlıklı ortalaması hesaplanır [10]. Gri tonlamalı ağırlıklı ortalama aşağıdaki eşitlik kullanılarak gösterilmiştir. Denklemden ifade edilen r, g ve b, bir görüntüde bulunan 0-255 arası tam sayı değerleri alabilen renk değerleridir:

$$I_{yeni} = (0.299xr) + (0.587xg) + (0.114xb) \quad (1)$$

I_{yeni} : pikselin yeni değeri

Gri seviyeye dönüştürülen görüntü üzerinde ardından adaptif histogram eşitleme yapılarak damar görüntülerinin netleştirilmesi sağlanmıştır.

Histogram eşitleme sonrası görüntü üzerindeki gürültüleri gidermek amacıyla medyan (ortanca) filtreleme işlemi uygulanmıştır. Bu filtre, bir piksel değerini bu pikselin komşuluk bölgesindeki yeşillik değerlerinin ortancası ile değiştirilir [11]. Yapılan bu işlem aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$G(i, j) = Ort.\{F_1(i, j), F_2(i, j), \dots, F_n(i, j)\} \quad (2)$$

$G(i,j)$: $N \times N$ lik görüntü matrisinde bulunan piksel değerlerinin ortancası

Medyan filtrelemeden sonra adaptif eşikleme görüntü siyah-beyaz seviyesine çekilmiştir. Bu eşikleme ile net bir görüntü elde edilmiştir. Adaptif eşikleme işleminin matematiksel gösterimi aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

T: Eşik değeri

$$T = \frac{I_{\min} + I_{\max}}{2} \quad (3)$$

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } f(x, y) > T_{xy} \text{ ise} \\ 0 & \text{eğer } f(x, y) \leq T_{xy} \text{ ise} \end{cases} \quad (4)$$

Adaptif eşikleme işleminden sonra ikili seviyeye indirgenen görüntülere sırasıyla açma, kapama ve aşındırma olmak üzere morfolojik üç işlem uygulanmıştır. Açma işlemi görüntü üzerinde bulunan gürültüleri kaldırmada faydalı bir yöntemdir [12]. İkili açma işlemi aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

Kapama işlemi sonunda imge içerisindeki noktalar birbirlerini kapatırlar, imgedeki ana hatlar daha da dolgunlaşır. Kapama işlemi görüntü üzerinde ön plandaki nesnelerin içinde bulunan küçük

delikleri veya küçük siyah noktaları kaldırmada faydalı bir yöntemdir [12]. İkili kapama işlemi aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (7)$$

Aşınma ise ikili imgedeki nesneyi küçültmeye ya da inceltmeye yarayan morfolojik işlemidir. Operatörün temel etkisi görüntüyü kenarlarından erozyona uğratmaktadır. Aşındırma işlemi ikili bir görüntüde bulunan nesnelerin boyutunu seçilen yapısal elemente bağlı olarak küçültmeye yarar. İmge içerisindeki nesnelere ufalır, delik varsa genişler, bağlı nesnelere ayrılma eğilimi gösterir [13,14].

Z^2 uzayında verilen "A: işlenen imge" ve "B: yapı elemanı" kümeleri için aşındırma işlemi aşağıdaki eşitlikte ifade edilmiştir:

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\} \quad (8)$$

2.2. Veri Toplama ve Deney Prosedürleri

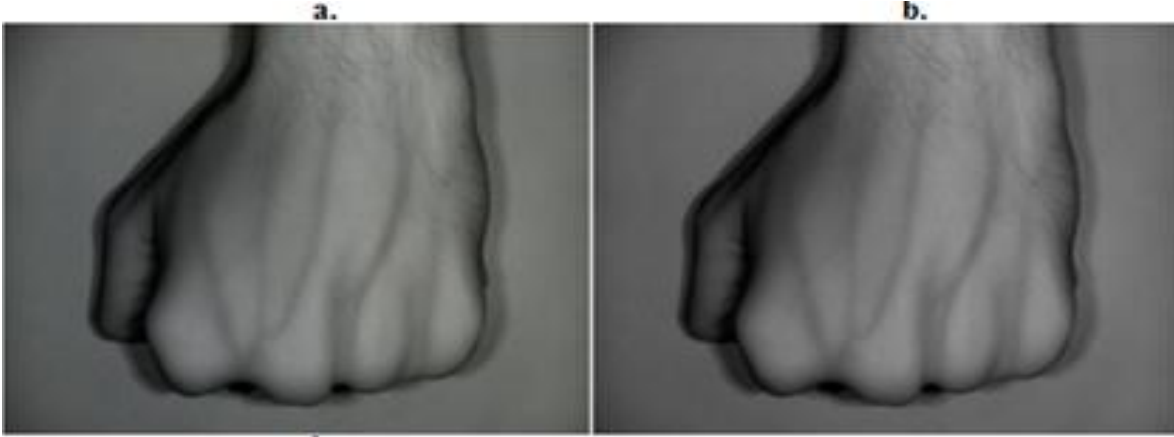
Veri toplama aşamasında deneklerden, beyaz arka plan üzerine ellerinin üst kısımlarının kameraya bakacak şekilde yerleştirilmesi istendi. Bu şekilde Temmuz 2015-Kasım 2015 arası farklı gün ve saatlerde toplam 72 kişiden sağ ve sol el olmak üzere toplamda 144 görüntü elde edildi. Görüntüler 18-35 yaş aralığına sahip 4' ü bayan 68' i erkekten alınarak elde edilmiştir. Görüntüler Şekil 5'te gösterildiği şekliyle Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği öğrencileri, öğretim elemanları ve çalışanlarından elde edilmiştir.



Şekil 5. Kurulu olan damar görüntüleme sistemi ve deneklerden el görüntüsü toplama aşaması

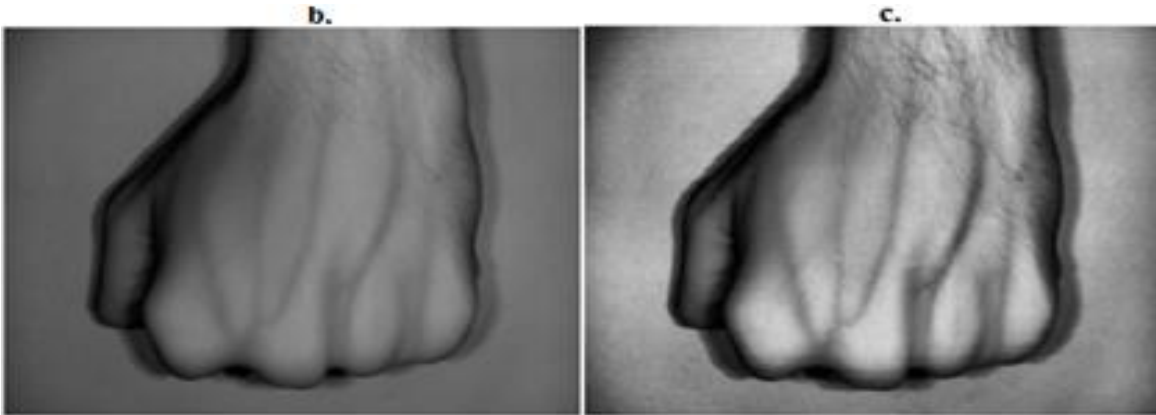
3. Sonuçlar

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen görüntü işleme yöntemleri, alınan örnek bir görüntü üzerinde uygulanmıştır. Kızılötesi kamera yardımıyla alınan görüntü ham görüntü ilk olarak 8 bit 256 gri seviyeye dnştrlmştir. Alınan görüntünün ilk hali Şekil 6 (a)'da ve gri seviyeye indirgenmiş hali ise Şekil 6 (b)'de gösterilmiştir.



Şekil 6. a) Alınan görüntünün orjinal hali b) Gri seviyeye indirgenmiş hali

İlk aşamada gri seviyeye indirgenen görüntüye bu bölümde histogram eşitleme işlemi yapılmıştır. Bu sayede damar görüntüleri deri üzerinde daha koyu bir Şekilde belirginleştirilmesi sağlanmıştır. Görüntünün gri seviyeye indirgendikten sonra üzerine histogram eşitleme yöntemi uygulanmış hali Şekil 7 (c)'de gösterilmiştir.



Şekil 7. b) Gri seviyeye indirgenmiş hali c) Histogram eşitleme uygulandıktan

Kontrastı sınırlandırılarak histogram eşitleme yapılan görüntü, sonrasında 5x5 pencere genişliğinde medyan filtreden geçirilmemiştir. Medyan filtenin hedefi el yüzeyinde bulunan tüylülük, kırıkılık gibi damar örüntülerinin gzkmesinde bozucu etki yapan etkenleri ortadan kaldırmaktır. Şekil 8 (d)'de görüntünün KSAHE sonrası ortanca (medyan) filtreden geçirilmemiş hali gösterilmektedir.



Şekil 8. c) Histogram eşitleme uygulandıktan sonra d) Medyan filtresi uygulandıktan sonra

Medyan filtre yapılarak görüntü üzerinde bulunan gürültüler kısmen ortadan kaldırıldıktan sonra eşikleme yapılarak görüntüde bulunan damar örüntüleri arka plandan ayrılmıştır. Görüntü 8 bit gri seviyeden 2 bite (0 veya 255) indirgenmiştir. Medyan filtre sonrası görüntü üzerinde eşikleme yapılmış hali Şekil 9 (e)'de gösterilmiştir.



Şekil 9. d) Medyan filtresi uygulandıktan sonra e) Adaptif eşikleme yapılmış hali

Son adımda görüntü üzerine açma, kapama ve aşındırma olmak üzere morfolojik üç işlem uygulanmıştır. Açma işlemi görüntü üzerine önce aşındırma ardından genişletme işlemi uygulanması ile gerçekleştirilir. Aşındırma ile küçük parçalar yok edildikten sonra genişletme ile görüntü tekrar genişletilerek küçük parçaların kaybolması sağlanır. Kapama işlemi ise açma işleminde uygulanan adımların tersten uygulanması olup böylece görüntü içerisindeki ayrık parçalar birbirine yaklaştırılmış olur.

Açma ve kapama işlemlerinin ardından görüntü üzerinde aşındırma yapılmış ve ikili görüntüde bulunan nesnelerin boyutu küçültülerek orjinal damar örüntü boyutlarına yaklaştırılması hedeflenmiştir.

Morfolojik işlemler uygulandıktan sonra ise görüntü Şekil 10 (f)'deki halini almıştır.



Şekil 10. e) Adaptif eşikleme yapılmış hali f) Açma-kapama-aşındırma işlemleri uygulandıktan sonra

4. Tartışma

Damar görüntüleme sisteminde, alınan el damar görüntüleri üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleriyle damar tespiti yapılmıştır. Alınan ham görüntü gri seviyeye indirgindikten sonra histogram eşitleme işlemi yapılmıştır. Histogram eşitleme yöntemi sonrası arttırılan kontrast, tüylü yüzeye sahip el damar görüntülerindeki tüylü bölgelerin kontrastının da artmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda görüntü üzerinde tüylü bölgelerin bulunduğu yerlerde oluşan gürültüler damar tespitini etkileyecek düzeye gelmiştir. Bu problemi minimize etmek için medyan filtre kullanılmıştır. Bu filtrenin kullanılmasındaki temel maksat, el yüzeyinde bulunan tüylülük, kırışıklık gibi damar örüntülerinin gözükmesinde bozucu etki yapan etkenleri minimize etmektir. Medyan filtrenin kullanılması sayesinde en az detay kaybı ile birlikte görüntü üzerinde bulunan kenar bölgelerinde oluşması muhtemel bulanıklaşmayı minimuma indirilmiştir. Medyan filtreleme sonrası eşikleme ve morfolojik işlemlerin ardından damar örüntülerinin tespiti yapılmıştır.

5. Gelecek Çalışmalar

Bundan sonraki çalışmalarda;

- Mikrobilgisayar ortamında işlenen görüntülerin, sonrasında mini-projektör ile hedef bölgeye geri yansıtılması,
- Kimlik eşleştirmede kullanmak üzere el sırtı damar ağlarının haritalarının çıkarılması,
- El sırtı damar haritalarının belirlenmesi ile hastane/klinik veri bankasının oluşturulması,
- Oluşturulan veri bankası ile kimlik doğrulama işlemlerinin yapılması hedeflenmektedir.

Sistemin, piyasada bulunan damar görüntüleme cihazlarından farklı olarak, hastalardan alınacak olan el sırtı damar izi haritaları ile hasta kayıt sistemi oluşturulup hasta takibine de olanak sağlaması hedeflenmektedir. Ayrıca sistem sayesinde, hastanelerde ve çeşitli güvenlik sistemlerinde kullanılan biyometrik kimlik doğrulama işlemi de yapılabilecektir.

Referanslar

- [1] Zhu Q., Zhang Z., Liu N., Sun H. Near infrared hand vein image acquisition and ROI extraction algorithm. *Int. J. Light Electron Opt.* 2015:126:24:5682–5687.
- [2] Cuper, N. J., Klaessens, J. H. G., Jaspers J. E. N., Roode D. R., Noordmans H. J., Graaff J. C., Verdaasdonk, R. M. The use of near-infrared light for safe and effective visualization of subsurface blood vessels to facilitate blood withdrawal in children. *Med. Eng. Phys.* 2013:35:4:433–440.
- [3] Doniger, S.J., Ishimine, P., Fox, J.C., Kanegaye, J.T. Randomized controlled trial of ultrasound-guided peripheral intravenous catheter placement versus traditional techniques in difficult-access pediatric patients. *Pediatr Emerg Care* 2009:154–159.
- [4] Gayathri, S., Nigel, K. G. J., Prabakar, S. Low cost hand vein authentication system on embedded linux platform. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 2013:2:4:138–141.
- [5] Rajalakshmi, M., Rega, P., Student, P. G., Salai, R. G. Research article vascular pattern recognition using clahe and median filtering methods address for correspondence. *International Journal of Advanced Engineering Technology* 2011:2:4:263-266.
- [6] Djerouni, A., Hamada, H. Dorsal hand vein image contrast enhancement techniques. *International Journal of Computer Science* 2014:11:1:137–142.
- [7] Wang, F., Behrooz, A., Morris, M., Adibi, A. High-contrast subcutaneous vein detection and localization using multispectral imaging. *J. Biomed. Opt.* 2013:18:5:050504-1 050504-3.
- [8] Cross, J. M., Smith C. L. Thermographic imaging of the subcutaneous vascular network of the back of the hand for biometric identification. *Proc. Inst. Electr. Electron. Eng.* 29th Annu. 1995 *Int. Carnahan Conf. Secur. Technol.* 1995:20-35.
- [9] Khan, M. H. M., Khan, N. A. M., A New method to extract dorsal hand vein pattern using quadratic inference function, *International journal of computer science and information security*, 6, 3, 26-30, 2010.
- [10] Saravanan, C. D. Color image to grayscale image conversion, *Second International Conference on Computer Engineering and Applications.* 2010:2:196–199.
- [11] Gonzalez, R. C., Woods, R. E. *Sayısal Görüntü İşleme.* Palme Yayıncılık; 2014.
- [12]http://opencv-python-tutroals.readthedocs.org/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_morphological_ops/py_morphological_ops.html, Erişim Tarihi: 15.11.2015.
- [13] Boztoprak, H., Çağlar, M. F., Merdan, M. Alternatif morfolojik bir yöntemle plaka yerini saptama. XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi. Eskişehir, Kasım 2007.
- [14] Özşen, Ö., Matematiksel morfoloji kullanılarak göğüs kanserinin erken teşhisi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 2002.