

Vasküler Görüntüleyici Sistem

Turgut GÖKBULUT¹, Burak ÜNAL², Burhan KAZI³, Onur Özdal MENGİ^{4*}

Öz

Günümüzde hızla gelişen kızılötesi görüntüleme teknolojisi tıp dünyasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobin kızılötesi ışınları emebilmektedir. Bu sayede damarlar diğer dokulara göre daha koyu ve belirgin bir şekilde görünür. Damar görüntüsü elde etmek için kullanılan cihazlar oldukça pahalıdır. Bunun sebebi bu cihazlarda yüksek hassasiyette ve yoğunlukta kızılötesi görüntü alan CCD sensörlü kameraların kullanılmasıdır. Bu sebeple maliyeti düşürmek için çok pahalı CCD sensör yerine fiyatı çok daha uygun olan CMOS sensörlü kızılötesi kameralar kullanılabilir. Ancak CMOS sensörü kullanan kameralardan elde edilen görüntü CCD sensörü kullanan kameralardan elde edilen görüntü kadar iyi değildir. Bu sebeple daha iyi görüntü elde etmek için gelişmiş görüntü işleme tekniklerine ihtiyaç vardır. 850nm kızılötesi ışık, CMOS sensörlü kamera ve 850nm dalga boyuna sahip bant geçiren filtre kullanılarak cildin 3mm derinliğindeki damar görüntüsü elde edilir. Elde edilen görüntü Raspberry Pi mikroişlemcisi kullanılarak OpenCV açık kaynak kodlu kütüphanesi yardımıyla Python dilinde sırasıyla; gri seviyeye dönüştürme, el maskesi için binari metot, damar maskeleyme için ise medyan filtre ve canny metot kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen görüntüyü iyileştirmek için çeşitli morfolojik işlemler (aşındırma ve genişletme) kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CMOS, Python, Raspberry Pi, Medyan filtre, Canny, Binari.

Vascular Viewer System

Abstract

Rapidly developing infrared imaging technology is used extensively in the medical world. The hemoglobin contained in the red blood cells in the blood can absorb infrared rays. In this way, the vessels appear darker and more pronounced than other tissues. The devices used to obtain a vascular image are quite expensive. The reason for this is the use of CCD sensor cameras with high sensitivity and intensity infrared images in these devices. For this reason, in order to reduce the cost, infrared cameras with CMOS sensors, which are much more affordable, can be used instead of the very expensive CCD sensor. However, the image obtained from cameras using CMOS sensors is not as good as the image obtained from cameras using CCD sensors. Therefore, advanced image processing techniques are needed to obtain better images. Using the 850nm infrared light, a camera with CMOS sensor and a bandpass filter with 850nm wavelength, a 3mm deep vein image of the skin is obtained. The obtained image is in Python language, respectively, with the help of OpenCV open source library using Raspberry Pi microprocessor; conversion to gray level, binary method for hand mask, median filter and canny method are used for vein masking. In addition, various morphological processes (erode and dilated) were used to improve the image obtained.

Keywords: CMOS, Python, Raspberry Pi, Median filter, Canny, Binary.

¹Giresun Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Giresun, Türkiye, turgutgok93@gmail.com

²Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, unallburak@gmail.com

³Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, brhnkazi52@gmail.com

⁴Giresun Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, onur.ozdal.mengi@giresun.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-4928-2785>

²<https://orcid.org/0000-0002-3807-2873>

³<https://orcid.org/0000-0003-3221-5914>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-5669-0766>

1. Giriş

Sağlık hizmetinin verildiği kurumlarda damar yolunun açılması bazı özel durumlu hastalar açısından sorun teşkil etmektedir. Özellikle yaşlılar, çocuklar, şişman insanlar, ağır yanık vakaları ve koyu tenli kişiler bu gruba dahildir. Damar yolunun doğru bir şekilde bulunamaması, tekrar tekrar yol aranması sonucunda maliyet, zaman kaybı, hasta ve sağlık görevlisinin fiziksel ve ruhsal yükünün artması vb. sorunlar meydana gelmektedir. Bir damar yolu açma ve kan alma işleminin zorluk derecesi yağ dokusu miktarına, damar derinliğine, deri pigmentasyonuna ve kan hacmi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle çıplak gözle damarları bulmak oldukça zor olabilmektedir. Özellikle küçük çocuklarda ve bebeklerde damar yolu açma ve kan alma işlemi çok daha zordur. Bunun nedeni ise damarların çapının küçük olması ve üzerinin yağ dokusuyla kaplı olmasıdır (Delaune & Ladner, 1997).

Bu projede damar yolu açma ve kan alma işleminin hasta açısından daha az acılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Bu nedenle damarları gösteren bir kamera bu işleri çok daha kolaylaştıracaktır. Ülkemizdeki sağlık kuruluşları bu tip cihazları yüksek maliyetleri sebebiyle tercih etmemektedir. Bu sebeple çok pahalı olan CCD sensörlü kameralar yerine çok daha ucuz olan ve daha az güç tüketen CMOS sensörlü kameraların kullanılmasıyla cihazın maliyetinin düşürülmesi istenmektedir (Fossum, 2014). Tasarlanan damar görüntüleme cihazında öncelikli olarak hastanın ve sağlık görevlisinin fiziksel ve ruhsal yükü azaltılmaya çalışılmıştır. İstenirse kişinin damar yolunun görüntüsü alınarak Raspberry Pi mikrobilgisayarının depolama özelliği kullanılıp ülke çapında bir veri bankası oluşturulabilir.

Mishra ve ark. çalışmasında yakın kızılötesi tekniğini kullanarak biyometrik güvenlik uygulamalarında avuç içi damarlarını tespit etmek için avuç içi damar tanıma üzerinde çalışmışlardır (Mishra ve ark, 2019). Biyometrik sistemler, otomatik olarak test edilebilen hesaplanabilir fiziksel veya davranışsal özelliklere dayanan kimlik doğrulama yöntemleridir. Yaygın olarak kullanılan metinsel şifreler hassas verilerin kaybına yol açabilecek saldırılara maruz kalır. Bu nedenle biyometri, bir kullanıcının kimliğini doğrulamak için alternatif bir teknik olarak kullanılabilir. Bu çalışmadaki amaç, bir kişiyi elin damar yapıları ile tanımlayabilen bir yazılım prototipi üretmektir. Özellik çıkarma için LDR ve DCT kullanılmıştır ve eşleştirme skoru oluşturmak için Öklid Uzaklığı hesaplamasından yararlanılmıştır.

Mansoor ve ark. bu çalışmasında yakın kızılötesi görüntüleme tekniğine dayalı bir ven algılama sistemi geliştirmişlerdir (Mansoor ve ark, 2013). Damar tespiti günümüzde araştırılan en son biyomedikal tekniklerden biridir. Kızılötesi tekniğe dayanan çok az sayıda cihaz bulunduğu için bu tür tıbbi cihazların geliştirilmesine çok ihtiyaç vardır. Bugün doktorların karşılaştığı en büyük sorun, ven içi ilaç iletimi için damarlara erişimdeki güçlüktür. Damar görüntüsünü yakalamak için

özelleştirilmiş bir web kamerası ve görüntüyü işlemek için ise “Bilgisayarlı Görü” yöntemleri kullanılmıştır.

Hien çalışmasında hastanın cildindeki venöz görüntüyü gerçek zamanlı olarak yakalamak ve gözlemlenebilir hale getirmek için noninvaziv kızılötesi teknolojisini kullanmıştır (Tran & Pham, 2020). Bu sistem tarafından yürütülen prosedürde, cilt 850 nm 12 W 6 adet led dizisinden iletilen yakın kızılötesi (NIR-Near Infrared) ışığa maruz bırakılmıştır. Bunu takiben, NoIR kamera modülü, NIR aydınlatmalı cilt alanını yakalamak için bir görüntü elde etme ekipmanı olarak kullanılmıştır. Daha sonra, monitörde görüntümeden önce filtreleme ve işleme tekniğini gerçekleştirmek için ham veriler bilgisayara aktarılmıştır. Çıktı, ven görüntüsünün hastanın eline geri yansıtılması için bir pico-projektöre (Texas Instrument Inc.) aktarılmıştır.

Sontakke ve ark. bu çalışmasında el-damar desenlerini kullanarak doğrulama işlemi gerçekleştiren bir cihaz tasarlamışlardır (Sontakke ve ark, 2018). El-damar deseni, kişisel doğrulama için kullanılabilen insanın biyometrik imzalarından biridir. El ve damar desenleri kullanan bir doğrulama işleminin ilk görevi, deseni bir kızılötesi kamera yardımıyla alınan el damar görüntüsünden çıkarmaktır. Bu çalışmada, ROI ekstraksiyon yöntemi, el bölgesi segmentasyonu, sınır izleme, referans noktası belirleme, özellik nokta seçimi yöntemleri kullanılarak sonuca ulaşılmıştır.

Zhang ve ark. bu çalışmasında gerçek zamanlı çevrimiçi bir multispektral avuç içi baskı sistemi sunmaktadırlar. (Zhang ve ark, 2010). Kızılötesi ışık kaynakları altında alınan kırmızı, yeşil ve mavi kanal görüntülerin depolanması için veri toplama cihazı tasarlanmıştır. Daha sonra depolanan her bir görüntünün karşılaştırılması için büyük bir multispektral avuç içi baskı veritabanı oluşturulmuştur. Deney sonuçlarında kırmızı kanalın en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Bu deneyde güvenlik sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanan cihazların hangi renk seviyesinde daha yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür.

Wang ve Leedham bu çalışmasında elin arkasındaki damar desenini kullanan yeni bir kişisel doğrulama sistemi üzerinde çalışmışlardır (Wang ve Leedham, 2005). Yüz, parmak izi ve iris görüntüleri gibi birçok biyometri, son yıllarda kişisel doğrulama amacıyla kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bununla birlikte, damar görüntüsü kullanılarak yapılan doğrulama diğer yöntemlere göre daha az gelişmiştir. Bu sistem beş ayrı adımdan oluşur: Veri Toplama, Görüntü Geliştirme, Damar Deseni Segmentasyonu, İskeletleme ve Eşleştirme. Önceden seçilmiş bir özellik setine dayalı karşılaştırmalar yapan çoğu biyometrik sistemin aksine bu sistem, Line-Segment Hausdorff Mesafesini ölçerek damar modelinin şekillerini doğrudan tanımaktadır.

Tasarlanan bu sistemde en önemli araçlardan biriside görüntünün işlenmesine olanak sağlayan ve mikrobilgisayara kolaylıkla kurulumu yapılabilen açık kaynak kodlu OpenCV programıdır. Bu program görüntü üzerinde gri seviye indirilmesi, medyan filtreleme, görüntü üzerindeki

gürültülerin giderilmesi gibi çeşitli işlemler yaparak daha belirgin bir damar yolu görüntüsünün alınmasına olanak sağlamaktadır. Program aynı zamanda yüz tanıma, şerit tespiti, araç takip gibi günümüzde sıkça kullanılan tasarımların en önemli parçalarından biridir (Erişti, 2010).

Damar cerrahisinde yapay zekanın kullanımı ile birlikte uygun hastanın belirlenmesi ve gerekli cerrahi işlemlerin yapılmasını amaçlayan bu çalışma ile vasküler hastalar yapay zeka algoritmaları taranmış ve uygun olan hastalara gerekli müdahaleler yapılmıştır. Burada vasküler riskler ortaya çıkarılarak uygun hastaların belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan yöntem 35392 hastada denenmiştir (Sebastien ve ark. 2020).

Corona virüsü nedeniyle ortaya çıkan salgın nedeniyle bu hastalığa yakalanan insanlarda damarların içeri çekildiği ve bu nedenle damar yolu açma problemi olduğu gözlemlenmektedir. Bu eser kan damar sistemi cerrahisinde korona virüs etkilerini incelemektedir. İstatistiksel inceleme yapılarak farklı risk gruplarındaki sonuçlar kıyaslanmıştır (Bath ve ark., 2021).

Vasküler cerrahide arttırılmış sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak başa takılan gözlükler ile cerrahi işlemlerin gerçekleştirilmesi, sanal eğitimler ve diğer uygulamalar tartışılmıştır (Lareyre ve ark., 2021).

Makale toplam dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde kullanılan materyal ve yöntem ayrıntılı bir şekilde alt başlıkları ile birlikte tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde elde edilen sonuçlar anlatılmış ve son bölümde elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

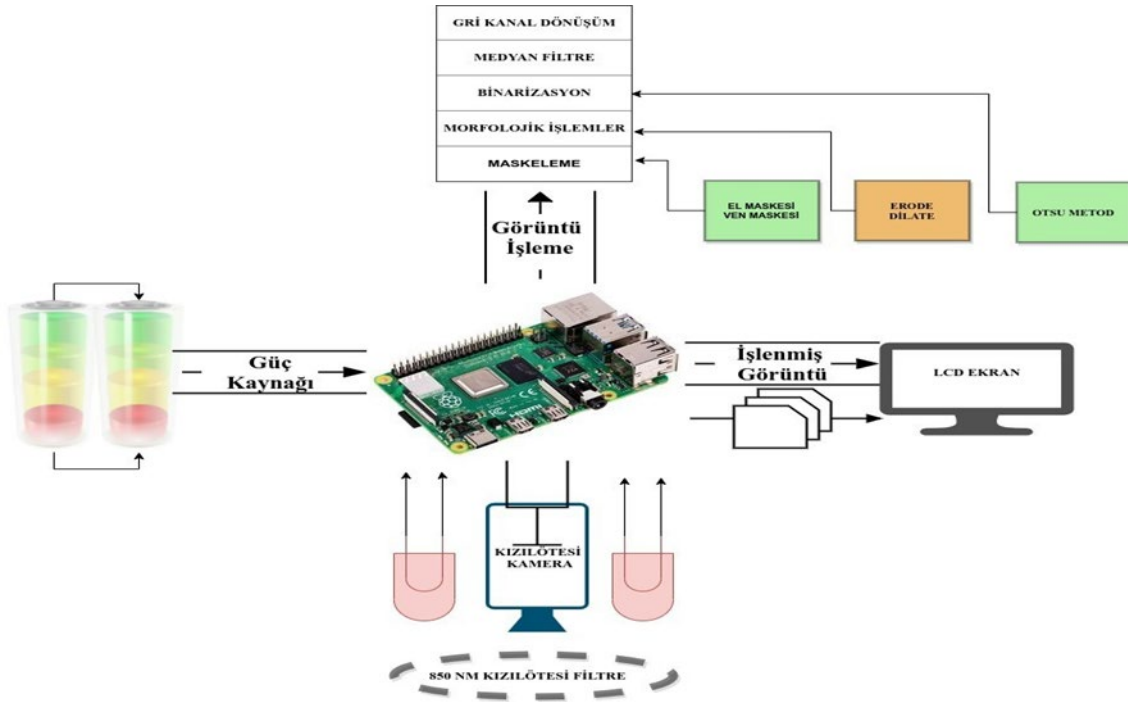
2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Sistem

Bu sistem Raspberry Pi 4 mikrobilgisayarı üzerine inşa edilmiştir. Kızılötesi kamera ise yüksek hassasiyette ve yüksek hızda video desteği sunan 8 megapiksel çözünürlüğe sahip IMX219PQ sensörlü bir modüldür. Otomatik beyaz dengesi, pozlama telafisi kontrolü ve ortam ışığı algılama gibi özellikleri de bulunmaktadır. Kızılötesi kamera IR (kızılötesi) filtre barındırmamaktadır. Kızılötesi led modülünün üzerinde ise 6 adet 850Nm güç ledi bulunmaktadır. LED'lerin her biri 1.3-1.5V gerilim 0.35A akımla çalışmaktadır. 850Nm dalga boyuna sahip ledler genellikle gece görüş kameralarında kullanılmaktadır. Kullanılan kızılötesi filtre 850Nm dalga boyundaki ışığı geçirmek üzere tasarlanmış özel filtrelerdendir (Moss, 2008-2009). Kızılötesi ledlerin ışık şiddetinin darbe genişlik modülasyonu üzerinden ayarlanması için kurulan led sürücü devresinde BDX53C darlington transistörden yararlanılmıştır. Darlington transistörler 2 adet transistörün art arda bağlanmasıyla oluşur. Akım kazancının yüksek olması ve ısınma riskinin çok az olması sebebiyle tercih edilmiştir.

2.2. Görüntü İşleme

Tasarımı yapılan bu projede görüntü işleme tekniklerinin yanı sıra kızılötesi güç ledlerinin yardımıyla damar yolunun diğer dokulardan daha koyu bir şekilde görüntülenmesi sağlanmaktadır. Tasarlanan sistemin kurulum mimarisi Şekil 1'de görülmektedir. Sistem Raspberry Pi mikrobilgisayarı üzerine kurulmuş görüntü işleme teknolojisini kullanan diğer cihazların güncel bir versiyonudur.



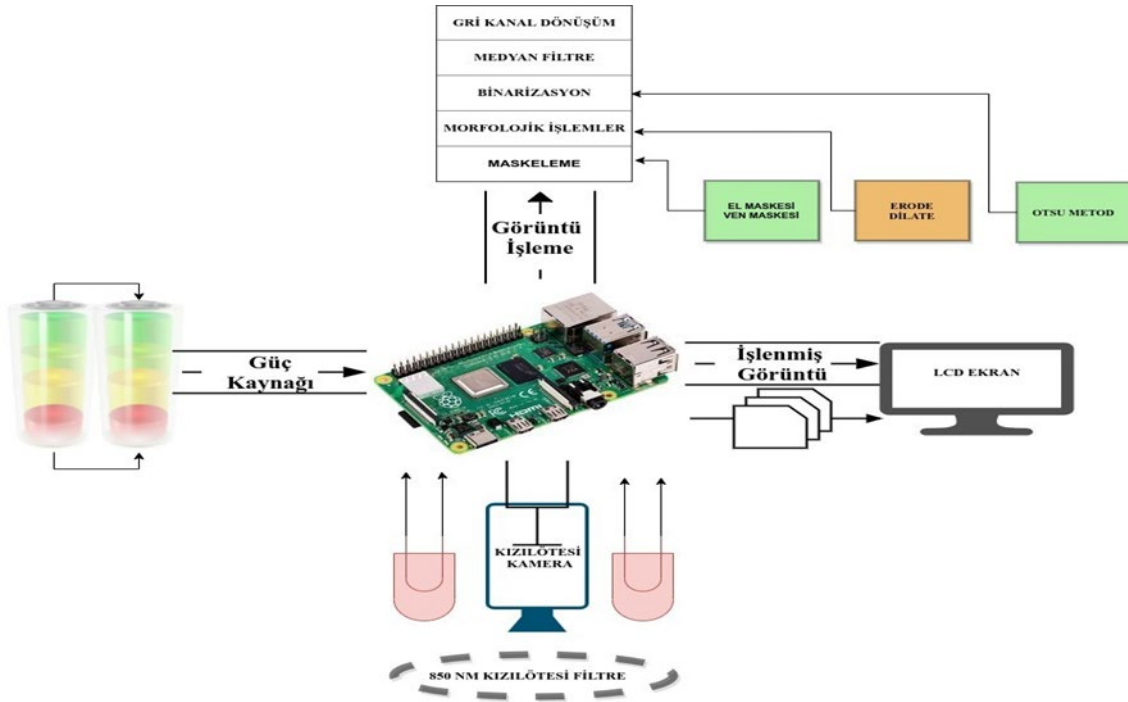
Şekil 1. Sistemin Kurulum Mimarisi.

Kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin kızılötesi ışınlara duyarlılığı ve bu duyarlılığın damarları belirgin hale getirdiği bilinmektedir (Bouzida, 2010). Bu molekül özellikle 760nm ve 880nm dalga boyu aralığındaki kızılötesi ışığı çok iyi emer. Dolayısıyla 880nm dalga boyuna en yakın kızılötesi ışık kaynağını kullanmak gerekmektedir.

Kızılötesi ledlerden yansıyan ışınlar deriye nüfuz ederek damarların belirgin hale gelmesini sağlar. Belirgin hale gelen damarların görüntüsünün alınması için 8 MP çözünürlüklü Raspberry Pi kızılötesi kamera modülü kullanılır. Kullanılan kızılötesi kamera yardımıyla görüntü alınırken cihazın bulunduğu ortama bağlı olarak çeşitli ışık kaynakları görüntünün kalitesini bozar. Bu sorunu ortadan kaldırmak için kamera lensinin önüne kızılötesi filtre yerleştirilir. Filtre yabancı kaynaklardan gelen ışınları süzgeçten geçirerek deriye sadece kızılötesi ışınların ulaşmasını sağlar.

Kameradan alınan damar görüntüsünün çeşitli tekniklerle işlenmesi, depolanması ve kurulan sistemin kontrol edilmesi amacıyla Raspberry Pi mikrobilgisayarı kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan mikrobilgisayara entegre edilen lcd ekrana, kameradan alınan görüntü aktarılarak gerçek zamanlı olarak damar yolu görüntüsü elde edilmiştir.

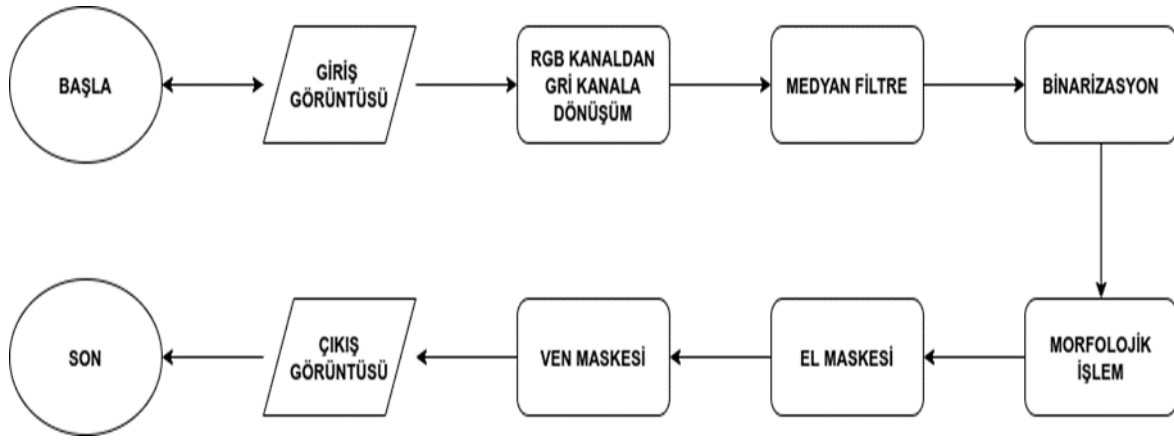
Cihazın farklı ortam ve ışık koşulları altında kararlı bir şekilde çalışabilmesi için Şekil 2’ de görülen led sürücü devresi kullanılarak ışığın şiddetinin Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) kanalları üzerinden kontrolü sağlanmıştır.



Şekil 2. Led Sürücü Devresi.

2.2.1. Görüntü İşleme Teknikleri

Ven görüntüleme için kullanılan kızılötesi kamera damarları ayırtmak için kullanılan 850 Nm dalga boyundaki ledlerin cilde yansıttığı ışığı algılar. Elde edilen çıktı ven görüntüsünün belirginleşmesi için kare kare işlenir. Görüntü işleme sırasında durağan görüntüler kullanılır ancak istenilen ven görüntüsü elde edildikten sonra gerçek zamanlı görüntüye geçilir. En temel şekliyle, Şekil 3’de görüntü işleme tekniğinin adımları ve izlenilecek yol haritası verilmiştir.



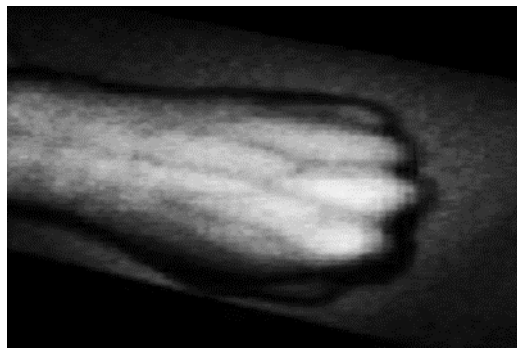
Şekil 3. Görüntü İşleme Blok Diyagramı.

2.2.1.1. Gri Kanala Dönüştürme

İlk olarak RGB kanallarını gri tonlamalı kanallara dönüştürmek gerekmektedir. Renkli sayısal bir görüntüyü gri seviye bir görüntüye dönüştürme işlemi, aslında RGB renk modelinde belirtilen her bir renk bandına karşı düşen gri seviye görüntülerin ölçeklendirilmesidir. Aşağıda yer alan Eşitlik (1) kan damarları çalışmasında tespit edilen en uygun RGB katsayısıdır (Prasasti ve ark, 2015).

$$Gri = 0,4 * R + 0,45 * G + 0,15 * B \quad (1)$$

Denklemden, R(Red) kırmızı, G(Green) yeşil, B(Blue) mavi renk kanalını temsil etmektedir. Denklemden kullanılan katsayılar değiştirilerek farklı renk tonlarında görüntü elde edilebilmektedir.



Şekil 4. Gri Kanala Dönüştürülen Görüntü.

Gri kanala dönüştürme işleminde kızılötesi kameradan alınan renkli görüntü gri kanala indirgenerek damarların belirginleşmesi sağlanmış ve böylelikle ilk görüntü elde edilmiştir.

2.2.1.2. Medyan Filtresi

Gri kanala dönüştürülen görüntü üzerinde medyan filtresi kullanılır. Medyan filtre (Orta Değer filtresi), bir görüntüden gelen gürültüyü gidermek için kullanılan doğrusal olmayan bir dijital filtreleme tekniğidir (Thanki & Kothari, 2019). Denklem (2) bu tür gürültü azaltma ve sonraki işlemlerin sonuçlarını iyileştirmek için tipik bir ön işlem adımıdır.

$$\hat{f}(x, y) = \text{median}\{g(s, t)\}_{(s,t) \in S_{xy}} \quad (2)$$

Denklemden $(s, t) \in S_{xy}$ pikselin etrafındaki alanı, $\hat{f}(x, y)$ medyan filtresi uygulanmış sonuç görüntüsünü, $\{g(s, t)\}$ medyan filtresi uygulanmak üzere denkleme gönderilen görüntüyü temsil etmektedir.

2.2.1.3. Canny Metot

Medyan filtreleme uygulandıktan sonra kısmen belirgin hale gelen ven görüntüsünün ön plana çıkması, el kenarlarının tespit edilip elin tanınması ve bu kenarlar üzerine maskeleme tekniklerinin uygulanması için çok aşamalı bir algoritma kullanan Canny Edge Detection (Kenar Tespiti) yöntemi kullanılır. Canny kenar tespit yöntemi 1968 yılında John F. Canny tarafından geliştirilmiştir (Canny, 1986). Denklem (3) standart sapma değeri ile önceden tanımlanmış bir Gauss filtresi kullanarak görüntülerin kenarlarının algılanmasını sağlar (Thanki & Kothari, 2019).

$$M(x, y) = \sqrt{I'_x(x, y)^2 + I''_y(x, y)^2} \quad (3)$$

Denklemden I' giriş görüntüsünün 1. türevini I'' ise 2. türevini verir. $M(x, y)$ canny metodu uygulanmış sonuç görüntüsünü temsil etmektedir.

Canny kenar algılama algoritması için adımlar aşağıdaki gibidir:

- a. I görüntüsü okunur.
- b. Tek boyutlu (1D) gauss maskesi I görüntüsü üzerine uygulanır.
- c. Gauss filtresinin ilk türevi için x ve y yönünde 1 adet tek boyutlu maske oluşturulur.
- d. Oluşturulan maske I_x görüntüsünü elde etmek için satır boyunca I_y görüntüsünü elde etmek için sütun boyunca I görüntüsünün matrisi üzerinde döndürülür.

e. Denklem (3) kullanılarak her bir pikselde (x, y) sonucunun büyüklüğü bulunur.



Şekil 5. Canny Metodu Uygulanmış Görüntü

Görselde de görüldüğü gibi bu metot, kızılötesi ışığı emerek belirginleşen damarları kenar olarak algılamış ve giriş görüntüsündeki diğer etkenlerden ayırt etmiştir.

2.2.1.4. Binarizasyon ve OTSU Eşiği

Bir eşik değeri belirleyip bu eşik değerinin altında kalan kısımların siyah, üstünde kalan kısımların beyaz olması için otsu eşiği kullanılır. Yani eşik değerinin altında kalan kısım 0, üstünde kalan kısım 1 olur. Sonuç olarak elde edilen çıktı binary bir görüntüdür. Fakat değişen ortam şartları nedeniyle sabit bir eşik değeri seçmek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple görüntünün alındığı ana ekranın üzerine, eşik değerinin ortam şartlarına göre ayarlanmasını sağlayan bir trackbar eklenmiştir. OTSU metodu 1979 yılında Nobuyuki OTSU tarafından geliştirilmiştir (Sezgin & Sankur, 2004). Metot, görüntü matrisinin üzerinde 2 ayrı bölüm olduğunu kabul ederek bu bölümler arasındaki varyansı maksimum yapacak değeri bulur. N uzunluklu bir dizi için Eşitlik (4)'deki varyans hesaplaması kullanılır.

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \mu_x) \Pr\{x_i\} \quad (4)$$

Denklemden N dizi uzunluğunu, $\Pr\{x_i\}$ X_i 'nin gelme olasılığını, σ varyansı, μ_x ağırlıklı ortalamayı temsil eder. Bölümler arası (siyah ve beyaz) varyans değeri Denklem (5)'de görülen formül ile bulunur.

$$\sigma_s = \sigma - \sigma_b = \omega_1(t)\omega_2(t)(\mu_1(t) - \mu_2(t)) \quad (5)$$

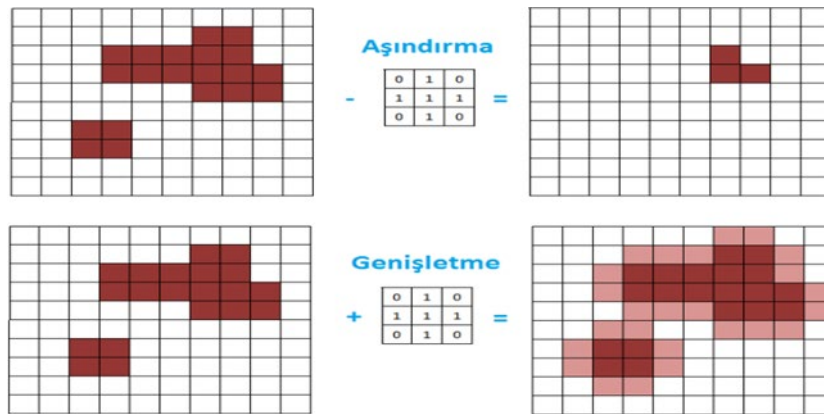
Bu formülde ω değeri siyah ve beyaz bölümlerin yoğunluklarını μ değişkeni ise ağırlıklı bölüm ortalamalarını gösterir ve $X(i)$ renklerin seviye değeridir. Bu değerler Denklem (2.6) ve (2.7)'deki formüller ile bulunur.

$$\omega_1(t) = \sum_{i=0}^t Pr\{i\} \quad \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^{255} Pr\{i\} \quad (6)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=0}^t Pr\{i\} X(i) \quad \mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{255} Pr\{i\} X(i) \quad (7)$$

2.2.1.5. Morfolojik İşlemler (Erode ve Dilate)

Son olarak ven görüntüsünün kenar algılama sistemi tarafından daha net ve güçlü bir şekilde algılanması için sırasıyla Erode (aşındırma) ve Dilate (genişletme) yöntemleri uygulanmıştır. Mantık olarak 3×3 boyutlarındaki sıfır ve birlerden oluşan çekirdek matrisi görüntü üzerinde gezdirilir. Erode ve dilate işleminde çekirdek matrisi aynıdır. Bu nedenle Şekil 6'da da görüldüğü gibi erode işleminde görüntü matrisi çekirdek matrisinden çıkarılır aynı şekilde dilate işleminde ise görüntü matrisi ile çekirdek matrisi toplanır (Thanki & Kothari, 2019).



Şekil 6. Erode ve Dilate İşlemi.

Görüntü f 'nin $M \times N$ boyutlarındaki görüntüyü s ile genişletme ve aşındırma işlemi aşağıdaki formül ile gerçekleştirilir.

$$g(x, y) = \min(f(x - i, y - j), s(i, j)), 0 \leq i \leq M - 1, 0 \leq j \leq N - 1 \quad (8)$$

Denklemden $s(i, j)$ 0 ve 1'lerden oluşan 3x3 boyutundaki matrisi temsil etmektedir. M ve N giriş görüntüsünün piksel değerleridir. $g(x, y)$ ise aşındırma veya genişletme işlemi uygulanmış sonuç görüntüsüdür.

2.2.1.6. El Maskesi ve Ven Maskesi

El maskesi tekniği başta güvenlik sistemleri olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Garrido & Joshi, 2018). El maskesinin görevi ilgili cihazın el görüntüsünü tanıyıp diğer cisimlerden ayırt etmesidir. Dolayısıyla bu projede ortamda bulunan diğer cisimlerle el görüntüsünün birbirine karışmaması ve el görüntüsünün bu cisimlerden ayırt edilmesi için el maskeleyme tekniğini kullanılmıştır. Farklı cisimler ile el görüntüsü için yapılan işlem aynı şekilde el görüntüsü ve damar görüntüsü arasında da yapılmalıdır. Bu sebeple el maskesi tekniği uygulanmış görüntü üzerine birde ven maskesi tekniği uygulanmıştır. Burada amaç el üzerindeki çeşitli girinti ve çıkıntıların cihaz tarafından damar olarak algılanmasının önüne geçmektir. Şekil 7'de el üzerindeki belirli bir bölgenin damar görüntüsü görülmektedir.



Şekil 7. El ve Ven Maskesi Uygulanmış Görüntü.

2.2.2. Sistemin Kurulumu

Görüntüyü elde ederken Raspberry Pi için geliştirilen 8 Mp kızılötesi kamera kullanılmıştır. Ven görüntüsü elde edilmek istenen bölgeyi aydınlatmak için üzerinde 6 adet 850Nm power led bulunan IR led halkası kullanılmıştır. Led halkasının güç ihtiyacı 9V pil ve Raspberry Pi' nin pinlerinden alınan 5V gerilim kaynağının seri bağlanması ile sağlanmıştır. Led halkasının ışık şiddetinin ayarı için led sürücü devresi kullanılmış ve bu devre darbe genişlik modülasyonu üzerinden kontrol edilmiştir. Kızılötesi kamera ve lcd ekran, Raspberry Pi üzerinde bulunan yuvalarına takılarak mikrobilgisayara gerekli komutların verilmesiyle çalışır hale getirilmiştir. Cildin üzerine yansıyan kızılötesi ışık dalgasının kameraya geri yansımada 700Nm ile 1200Nm arasındaki dalga boylarını geçirmek üzere tasarlanmış özel filtrelerden 850Nm dalga boyunu geçiren filtre kullanılmıştır.

Cihazın montaj aşamasının bitmesiyle birlikte son hali Şekil 8 ve Şekil 9'daki görsellerde verilmiştir.



Şekil 8. Cihazın Ön Görüntüsü



Şekil 9. Cihazın Arka Görüntüsü

3. Araştırma Bulguları

3.1. Veri Toplama ve Deney Prosedürleri

Bu çalışmada kullanılan tekniklerin özellikle farklı ışık seviyesinin olduğu ortamlarda veya farklı açılarda alınan görüntülerde tek başına verimli olmadığı görülmüştür. Bu sebepten dolayı ven görüntüsünün alındığı ekran üzerine ortamdaki kontrast, eşik ve kızılötesi ledlerin ışık şiddetinin ayarlanabileceği 3 adet trackbar eklenmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra problemin %90 oranda ortadan kaldırıldığı görülmüştür. %100 oranda başarı sağlanmak istendiği takdirde her ortamın ışık şiddetine uyum sağlayan seviyede ledlerin eklenmesi ve farklı açılarda oluşan görüntü bozulmasının önüne geçmek için uygun dış tasarımın yapılması gerekmektedir.

Şekil 10-12 arasında bulunan görüntüler normalde damarları görülemeyen bir denek üzerinden alınmıştır. En soldaki çıktı orijinal görüntünün gri kanala dönüştürülmüş şeklidir. Ortadaki çıktıda gri

kanal görüntü üzerine Canny metot uygulanmıştır. En sağdaki görüntüde ise yapılan bütün işlemlerin üzerine el ve ven maskesi uygulanmıştır.



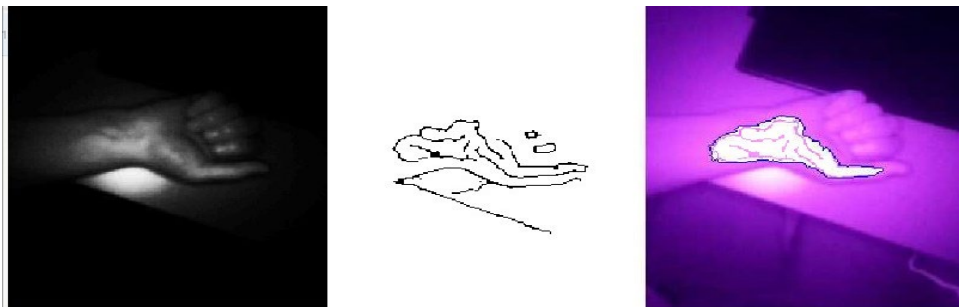
Şekil 10. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Görselde kontrast değeri düşük, eşik değeri yüksek ve dar açıyla alınmış bir çıktı görülmektedir. Kontrast değeri az olduğu için kızılötesi ledlerin şiddeti arttırılmıştır.



Şekil 11. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

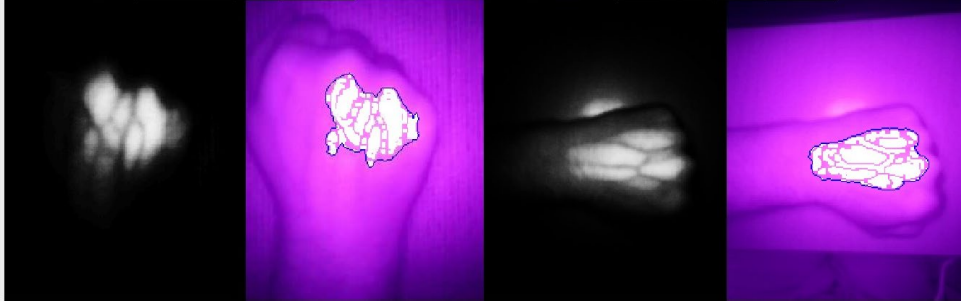
Kontrast değeri yüksek olan bu görsel denek üzerinden geniş açı ile alınmış diğer bir çıktıdır.



Şekil 12. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

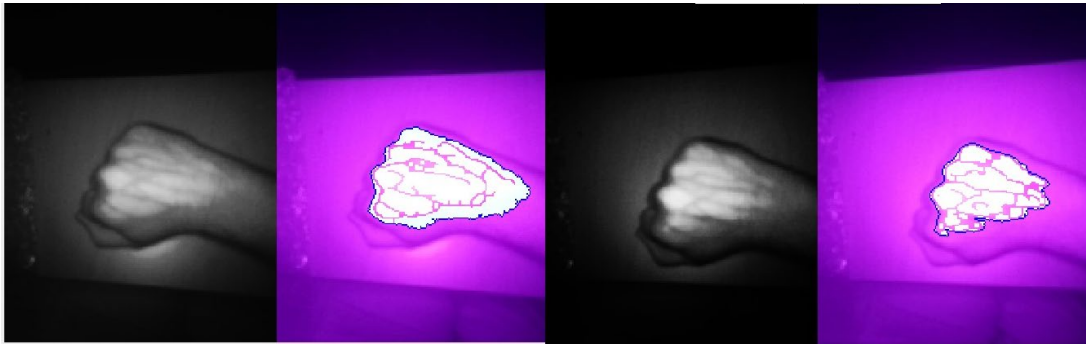
Görüntü deneğin bilek kısmından alınmıştır. Deneğin bilek kısmındaki damarlar normale göre daha derindedir. Bu sebeple alınan çıktıdaki kontrast değeri oldukça düşüktür.

Şekil 13 ve 14’de diğer bir denekten alınan görüntüler görülmektedir. Bu görsellerde sadece gri kanala dönüştürülmüş çıktı ile el ve ven maskesi uygulanmış çıktı görülmektedir. Kızılötesi ışığın cilt yüzeyine yansıtılmasıyla damar çıktısının net bir şekilde alındığı görülmüştür.



Şekil 13. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

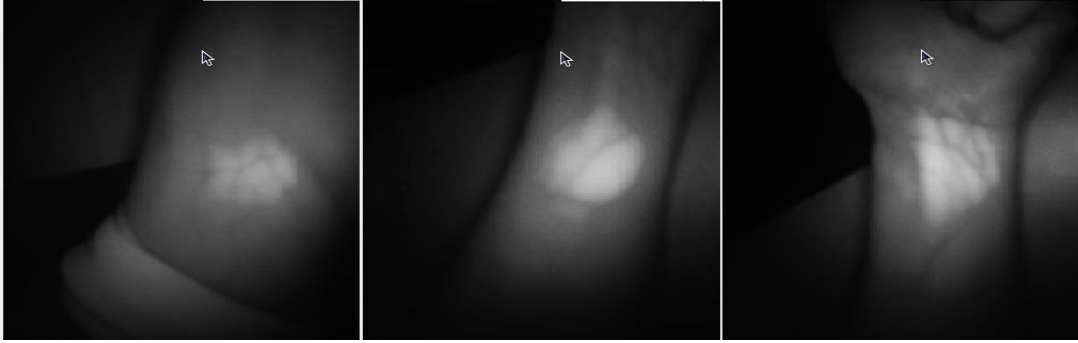
Farklı bir deneğin çıktısı olan bu görüntüler iki farklı açı ile alınmıştır. Her iki çıktıda da görüldüğü gibi damar görüntüsü oldukça nettir.



Şekil 14. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Farklı denekten geniş açı ile alınmış bu görüntülerde açı değıştikçe alınan damar çıktısının nasıl değıştiği gözlemlenmiştir.

Sadece gri seviye dönüştürülen ve üzerine medyan filtresi uygulanan çıktı aşağıdaki gibidir. Derinlerde bulunan damarların net bir şekilde görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 15. Denekler Üzerinden Alınan Görüntü

Gri kanalda yer alan görüntüler canny metot ve maskeleme teknikleri uygulanmadan alınmıştır. Görselde, damar görüntüsünün daha geniş bir açıyla alınması gerektiğinde kızılötesi ledlerin şiddetinin açıyla doğru orantılı olarak ayarlanması gerektiği görülmüştür.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada NOIR teknolojisinin insan gözünün göremediği detayları görebilmesi özelliğinden yararlanılmıştır. Kullanılan donanım bileşenleri rahatlıkla ulaşılabilen, piyasada popüler olarak bulunan son teknoloji modüllerdir. Ayrıca kullanılan görüntü işleme teknikleri diğer araştırmalarda kullanılan yöntemlerin yenilikçi bir versiyonudur. Tasarlanan bu projede CCD sensör yerine fiyatı çok daha uygun ve daha az güç tüketimine sahip olan CMOS sensör kullanılarak maliyet açısından ciddi tasarruf sağlanmıştır. Aynı zamanda projede kullanılan Raspberry Pi mikrobilgisayarının depolama özelliği ve OpenCV programının görüntü işleme özelliği kullanılarak kişinin damar yolunun görüntüsü alınıp ülke çapında bir veri bankası oluşturulmasının önü açılmıştır. Ven desenini en iyi şekilde görüntülemek amacıyla gri seviyeye dönüştürme, el maskesi için otsu metot, damar maskeleme için ise medyan filtre ve canny metot gibi bazı görüntü işleme teknikleri uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Tüm bu yöntemlerin performansı analiz edilmiş ve bir dizi pratik görüntü denemesi sunulmuştur. Kullanılan tüm tekniklerin deneysel sonuçları bize farklı parametreler sunmuştur. Yapılan deneylerin veritabanı oldukça küçük olsa da elimizdeki deneylerin sonuçlarına göre oldukça yüksek oranda başarı sağlandığı görülmüştür. Hem elektronik donanım hem de kullanılan filtrelerin kolayca bulunabilmeleri büyük bir avantajdır. Sistemin muadillerine oranla daha ucuz oluşu da bir avantaj olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma sonraki aşamada, sisteme yapay zeka eklenmesi veya optimizasyon algoritmalarının kullanılması ile daha iyi görüntü verebilecek şekilde geliştirmek mümkün olabilir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Bath, J., Aziz, F. And Smeds, M. R. (2021, April). "Progression of Changes in VAScular Surgery Practices during tje Novel Corona Virus SARS-CoV-2 Pandemic, Annals of Vascular Surgery, In press. (<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.03.002>)
- Bouzida, N., Bendada, A. H., & Maldague, X. P. (2010, October). "Near-infrared Image fFormation and Processing for the Extraction of Hand Veins", Journal of Modern Optics, Vol. 57, No. 18, pp. 1731-1737.
- Canny, J. (1986, November). "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, Issue: 6, pp. 679-698.
- Delaune, S. C., & Ladner, P. K. (1997). "Process and Practice", in Fundamentals of Nursing 4e, pp. 949-958, Elsevier.
- Erişti, E. (2010, Şubat 10-12). "Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk, OPENCV", Akademik Bilişim 2010 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Muğla Üniversitesi, s. 223-229.
- Fossum, E. R., & Hondongwa, D. B. (2014, May). "A Review of the Pinned Photodiode for CCD and CMOS Image Sensors", IEEE Journal of the Electron Devices Society, Vol. 2, No. 3, pp. 33-43.
- Garrido, G., & Joshi, P. (2018). "Detecting and Tracking Different Body Parts", in OpenCV 3 with Python By Example 2e, pp. 74-95. Birmingham - Mumbai
- Jain, C., Mishra, V., & Chugh, A. (2019). "Palm Vein Technology for Biometrics", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), Vol. 8, Issue 9S, pp. 598-602.
- Lareyre, F., Chaudhuri, A., Adam, C., Carrier, M., Mialhe, C. and Raffort, J. (2021, April). "Applications of Head-Mounted Displays and smart Glasses in Vascular Surgery", Annals of Vascular Surgery, In Press. (<https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.02.033>)
- Mansoor, M., N., S. S., Naqvi, S. Z., Badshah, I., & Saleem, M. (2013). "Real-time Law Cast Infrared Vein Imaging System", International Conference on Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition (ICSIPRI), pp. 117-121.
- Moss, J. P. (2008-2009, Dec-Jan). "100 Years of Infrared", The RPS Journal Royal Photographic Society, Vol. 148, No. 10, pp. 571.
- Prasasti, A. L., Mengko, R. W., & Adiprawita, W. (2015). "Vein Tracking Using 880nm Near Infrared and CMOS Sensor with Maximum Curvature Points Segmentation", 7th World Congress on Bioengineering 2015 IFMBE Proceedings Vol. 52, pp. 206-209.

- Sebastien, A., Chaib, I. D., Taillard, J., Chraibi, A., Delerue, D., Lernout, B. And Hertault, A. (2020) "Artificial Intelligence to Detect the Patients Eligible to Vasculer Surgery", *Annals of Vasculer Surgery*, Vol. 68, pp.99.
- Sezgin, M., & Sankur, B. (2004, January). "Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation", *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 13, Issue 1, pp. 146-165.
- Sontakke, B. M., Humbe, V. T., & Yannawar, P. L. (2018, March). "Automatic ROI Extraction and Vein Pattern Imaging of Dorsal Hand Vein Images", *International Journal for Science and Advance Research In Technology(IJSART)*, Vol. 4, Issue 3, pp. 1678-1683.
- Thanki, R. M., & Kothari, A. M. (2019). *Digital Image Processing Using SCILAB*. 6330 Cham, Switzerland: Springer.
- Tran, L. T., & Pham, H. T.-T. (2020, January). "Designing and Building the Vein Finder System Utilizing Near-Infrared Technique", *7th International Conference on the Development of Biomedical Engineering in Vietnam (BME7)*. IFMBE Proceedings Vol. 69, pp. 383-387. Springer, Singapore.
- Wang, L., & Leedham, G. (2005, August 22-25). "A Thermal Hand Vein Pattern Verification System", *Pattern Recognition and Image Analysis: Third International Conference on Advances in Pattern Recognition, ICAPR 2005, Bath, UK, Proceedings, Part II*, pp. 58-65.
- Zhang, D., Guo, Z., Lu, G., Zhang, L., & Zuo, W. (2010, February). "An Online System of Multispectral Palmprint Verification", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol.59, no. 2, pp. 480-490.