

Regresyon Tabanlı Stereo Avuç içi Damar Tespiti ve Biyometrik Tanıma Sistemi

Regression Based Stereo Palm Vein Extraction and Identification System

Ömer Faruk Özdemir, Serkan Çolak ve Yusuf Sinan Akgül

GTU Vision Lab, <http://vision.gyte.edu.tr>

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Gebze Teknik Üniversitesi,

Kocaeli, 41400, Türkiye

farukozdemir24@gmail.com, {scolak,akgul}@gtu.edu.tr

Özetçe—Biyometrik tanıma günümüzde hükümetler, endüstri ve akademik çevreler için oldukça önemli bir konuma gelmiştir. Avuç içi Damar Tanıma(ADT) tabanlı sistemler düşük sistem gereksinimleri ve güvenilirlikleri ile bu sistemlere güzel bir örnektir. Bununla birlikte kızılötesi kamera tabanlı sistemler gürültülü görüntüler sebebi ile güvenilirliği düşürmektedir. Bu bildiri yeni bir insan tanıma yöntemi önermektedir. Önerilen yöntem ADT sistemlerinin gürültülü görüntüleri artırılmaktadır. Önerilen yöntemin temelini gürültülü görüntülere karşı daha hassas olan Destek Vektör Regresyonu (DVR) tabanlı damar bulma tekniği oluşturmaktadır. Sistem aynı zamanda kullandığı üç boyut bilgisi ile biyometrik kandırmalara ve hırsızlıklara karşı daha güvenilirdir. Sistemimiz öncelikle standart bir veri tabanı üzerinde test edilmiştir. Ardından kendi stereo veri tabanımızla da test edilmiştir. Regresyon tabanlı stereo yaklaşımın genel performansı artırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — *biyometri; damar tespiti; kişi tanıma; avuç içi; stereo; avuç içi damar tanıma.*

Abstract— Palm Vein Identification(PVI) systems have been attracting interests from academia, industry, and governments for their advantages such as identification accuracy and relative low costs. However, low cost Infrared (IR) camera sensors produce noisy images which degrades the robustness of these systems. This paper proposes a new PVI system that uses a mirror based stereo camera setup to increase the PVI robustness. The two images from the stereo setup are analyzed with a new vein extraction method that uses Support Vector Regressors (SVR). The junction points of these images are compared to find junction disparities for an added 3D biometric feature. We collected a dataset of PVI images from volunteers to validate the system and we also compared parts of the proposed system on standard datasets. The overall results are promising and we will continue testing new stereo PVI image analysis methods in the future.

Keywords — *biometrics; vein detection; identification; palm; stereo; palm vein identification.*

I. GİRİŞ

Biyometrik tanıma kişisel güvenlik ve şifre problemleri ile birlikte gün geçtikçe etkisini artırmaktadır. Biyometrik özelliklerin kişiye özel olması ve göreceli olarak klasik şifre yöntemlerine göre daha zor çalınabiliyor olması en önemli avantajları arasında sayılabilirler. Biyometrik sistemlerin kullanım alanlarına göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte biyometrik hırsızlığın [13] biyometrik sistemlerin temel sorunu olduğu aşikârdır. Çoklu biyometrik yaklaşımlarda ise kullanım zorlukları nedeniyle göreceli olarak pratik kullanımda yer bulması daha zor olmaktadır. Örneğin [9] parmak izi tabanlı sistemler başarımları ve sistem güvenilirliği olarak üst seviyede biyometrik özellikler ve algoritmalar bulundurmaktadır. Bununla birlikte parmak izinin doğal yapısı nedeniyle kolay elde edilebilir olması göreceli olarak tercih edilmemesine yol açmaktadır. Son zamanlarda ilgi gören avuç içi tabanlı [1,5,8] sistemler deri altında bulunmasından dolayı biyometrik veri koruma üstünlüğü daha fazladır. Fakat olumsuz yönleri arasında düşük çözünürlük deri altında özel yöntemler ile elde edilmesi gerektiği için yüksek gürültü seviyelerine sahip olması gibi etkenler vardır.

Literatürde yer alan çok sayıda ADT sistemi bulunmaktadır. Çalışmamızla daha ilgili olduğu için üç boyutlu ADT sistemleri ile ilgili alanlar incelenmiştir.

Çalışma [15] de elde edilen kesişim noktalarının etkileşimi kullanılarak kişi tanınması yapmaktadır. Kişi tanımda ana özellik kesişim noktalarının birbirleri ile kurdukları geometrik bağ ve bu bağların benzeşmesi esasına dayanmaktadır. [1] ve [5] avuç içi izi ve avuç içi damar izini birleştirerek kişi tanınmasında kullanılmaktadır. Bu durum sistem güvenilirliğini artırırken herhangi bir ekstra kullanım zorluğunu sisteme yansıtmamıştır. Tanıma işlemi özelliklerin ayrı ayrı tanıma işleminde

kullanılmasından sonra ağırlıklı olarak genel tanımayla etki etmesi esasına dayanmaktadır. Biyometrik tanımlamada kullanılan yöntemlere farklı bir yaklaşım ise [8] da 3 boyutlu ultrasonik avuç içi damar tespiti yapabilen çalışma ile karşımıza çıkmaktadır. Onlarca gönüllü ile test edilen sistemin umut verici sonuçlar oluşturduğu not edilmiştir.

Bu bildiri avuç içi damar yapısı üzerinden kişi tanıması yapan bir sistem sunmaktadır. İki boyut üzerinde çalışan bir damar bulma algoritması yanı sıra kesişim noktalarının üç boyutlu derinlik farkları da sistem kararlılığını artırmak için kullanılmaktadır.

Bildiri ayrıca yeni bir eşleştirme algoritması da ortaya koymaktadır. Eşleştirme için şablon eşleştirme yönteminden yararlanan sistem kararlılığı artırıp sahteciliği engelleyebilmek için stereo eşleştirme yapılmış görüntülerin kesişim noktalarının derinlik farklarını da eşleşme algoritmasına eklemektedir.

Bildiri aşağıdaki gibi şekillendirilmiştir. Bölüm II. önerdiğimiz sistem ve alt bölümlerini içermektedir. Ayrıca kullandığımız veri tabanları açıklanmaktadır. Bölüm III. deneylerimiz ve elde ettiğimiz sonuçları içermektedir. Son olarak Bölüm IV. Sonuç ve gelecek planlarını içermektedir.

II. STEREO AVUÇİÇİ DAMAR TABANLI KİŞİ TANIMASI

Önerilen sistem 3 ana başlık altında incelenmiştir. Bu ana bölümler aşağıda açıklanmıştır. Buna ek olarak kullanılan veri tabanları ve özellikleri son bölümde ele alınmıştır.

A. Stereo Avuçiçi Damar Tespiti

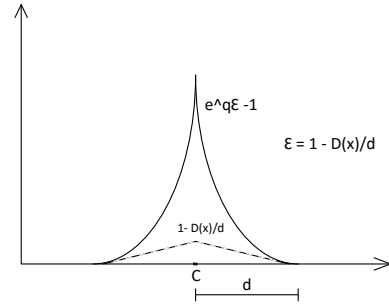
Avuç içi damar tabanlı biyometrik sistemlerin en önemli kısmı, damar ve damar merkezi tespitidir. Çünkü avuç içi damarlarının biyometrik bir özellik olarak ele alınmasının sebebi damar dağılımının kişiye özel olmasıdır. Damar tespiti için sıklıkla [14] de olduğu gibi eşikleme ve morfolojik operatörler kullanılmaktadır. Fakat bu tarz yaklaşımların gürültülü veri setleri üzerinde istenilen performansı sergileyemediği görülmüştür.

Önerilen Sistem, eğitim ve test olarak iki farklı aşamadan oluşmaktadır. Eğitim kısmında eşikleme ve morfolojik operatörlerin verisi kullanılarak Destek Vektör Regresyonu (DVR)[12] tabanlı bir ikinci faz ile damar tespitinin gürültülü ortamlarda daha verimli olması amaçlanmıştır. Standart eşikleme ve ikili hale getirme işlemleri için [14] deki algoritmaya benzer bir yaklaşım kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar sadece eğitim için kullanılmıştır. Ardından özgün avuç içi görüntüsü üzerinden elde ettiğimiz damar merkezine en fazla 20 piksel uzak olacak şekilde M adet 16×16 alan seçilmiştir. Temel olarak s fonksiyonu $s(g(B_m))$ B_m in damar merkezinde maksimum değeri verecek şekilde bir yapıya sahiptir. g Fonksiyonu ise elde edilen alanların eğitim sırasında öznelik olarak kullanılması için HoG [4]

tabanlı bir girdi vektörü oluşturmasını temsil etmektedir. Regresyon tabanlı bir eğitim kullandığımız için bir de regresyon değeri hesaplanması gerekmektedir. Bunun için kullanılan değer ise seçilen alanın merkezinin damar merkezine olan en kısa Öklid uzaklığı d_m olarak belirlenmiştir. Bu sayede sadece damar merkezi değil damar çevresi de hesaplama düşük ağırlıklar ile dâhil edilmiştir. Eşitlik 1 de h fonksiyonu ile [7] de kine benzer bir üstel fonksiyon kullanılarak elde edilen uzaklık değerlerinin damar merkezinde daha güçlü olması sağlanmıştır. Şekil 1 bu üstel yaklaşımı göstermektedir.

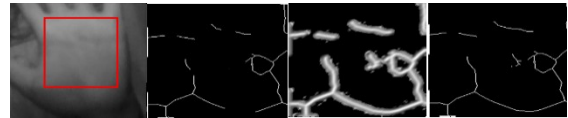
$$h(d_m) = \begin{cases} e^{\rho \left(\frac{d_m}{R}\right)} & \text{eğer } d_m < R \\ 0 & \text{diğer durumlarda,} \end{cases} \quad (1)$$

$\rho > 0$ Üstel artış miktarını kontrol eden deneysel olarak bulunmuş bir sabiti temsil etmektedir. R Belirlenen alandan daha büyük değerler için 0 değerini üretmek için belirlenmiş sınır değerini temsil etmektedir.



Şekil 1: uzaklık azaldıkça regresyon katsayısının üstel olarak artması.

g fonksiyonu bir görüntü B_m alanı olarak bu alandan bir $VHOG_m$ öznelik vektörü üretmektedir. Ardından bu vektör $h(d_m)$ sonucu ile birleştirilerek VHD_m vektörleri elde edilmektedir. Elde edilen tüm bu VHD_m vektörleri ($m = 1, 2, 3, \dots, M$) DVR yardımı ile [7] da ve [11] da olduğu gibi eğitilmektedir. Bu yöntemi kullanan sistemler el ile işaretlenmiş veriler ile eğitim yapmaktadır. Önerilen sistemde ise eşikleme tabanlı damar bulma yöntemini eğitim verisi için temel kabul etmesi ve bu sayede eğitim sürecini otomatik olarak tamamlamasıdır. Gürültünün sistemi etkilememesi için eşik değerlerini normal değerlerden daha yüksek tutmaktayız.



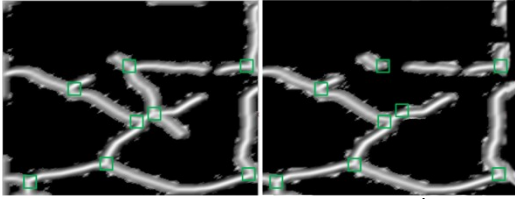
Şekil 2: Soldan sağa: avuç içi görüntüsü, eşikleme tabanlı sistem sonucu, regresyon tabanlı sistem sonucu, regresyon tabanlı sistem damar merkezleri.

Test aşamasında verilen X görüntüsünün sol üst köşesinden başlanarak kayan pencere yöntemi yardımıyla tüm alanları 4 piksel atlayarak dolaşılır ve eğitim

aşamasında anlatılan DVR prosedürü tekrar edilir. Sonuç olarak DVR yardımı ile avuç içi damar yapısı tespit edilmiş olur. Şekil 2 örnek bir damar bulma yöntemi sonucunu göstermektedir.

B. Stereo kesişim noktası belirlenmesi ve derinlik karşılaştırması

Stereo eşleştirmesi yapılmış DVR tabanlı damar görüntüleri elde edilmiş ADT görüntüleri Şekil 3 teki gibidir. Bu işlemlerin ardından stereo bilgisini sisteme dâhil edebilmek için [10] da ki gibi damarların kesişim noktaları tespit edilmiştir. Görüntüler stereo eşleştirmesi yapıldığı için epipolar çizgileri aynı çizgi üzerindedir. Bu sebep ile kesişim noktaları da aynı çizgi üzerinde olmalıdır. Bu bilgi kullanılarak çok basit bir yöntem ile stereo görüntülerde birbirine en yakın kesişim noktaları eşleştirilir ve derinlik farkları bir vektör kümesi olarak ele alınır. Daha sonra bu vektörler karşılaştırma algoritmasında kullanılmak üzere kayıt altına alınır.



Şekil 3: Stereo eşleşmesi yapılmış stereo damar çifti. İşaretler kesişim noktalarını göstermektedir.

C. Eşleştirme algoritması

Tüm bu damar bulma işlemleri ve kesişim noktası hesaplamaları sonrasında kişi tanıma işlemleri için eşleştirme yapılmaktadır. Eşleştirme sırasında kullanılmak üzere daha önceden öznelikleri çıkarılmış kesişim noktaları bulunmuş görüntüler veri tabanında saklanmaktadır.

Eşleştirme için şablon eşleştirme [2] metodu tabanlı bir yaklaşım kullanılmaktadır. Veri tabanındaki her bir X_k görüntüsünü X_l görüntüsü ile karşılaştırma yapılmaktadır. Rotasyonu ve ölçeklemesi sabit görüntüler kullandığımız için sadece küçük kaydırmalar yapılarak şablon eşleştirme yöntemi uygulanır. Şablon eşleştirmesi metodu olarak Kareler Toplamı Farkı metodu benimsenmiştir (KTF). Bu yöntem hem hızlı hem de verimlidir. Veri tabanı araması boyunca takip eden formülü minimum farklı benzeşmeyi bulmak için kullanılmaktadır. Bu sayede X_l ye en çok benzeşen X_k yi tespit etmiş oluruz.

$$\arg\min_k \left(\lambda KTF(X_l, X_k) + (1 - \lambda)UF(X_l, X_k) \right), \quad (2)$$

X_{lj} ve X_{kj} kesişim noktası fark vektörüdür. Ve UF kesişim noktaları vektörlerinin ne kadar benzeştiği değerini geri döndüren fonksiyondur. Son olarak $0 \leq \lambda \leq 1$ şablon eşleştirme tabanlı ve kesişim noktası benzeşmesi tabanlı karşılaştırma algoritmalarının sonuca etki edeceği

ağırlığı belirleyen sabittir. Formül 2 veri tabanındaki en iyi eşleşmeyi sağlayan d değerini geri döndürmektedir.

D. Kullanılan Veri Tabanları

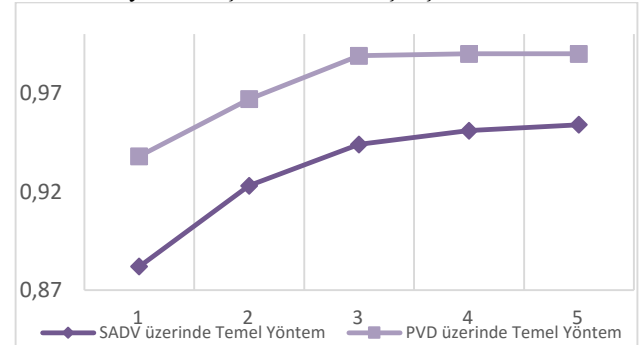
Çalışmada iki veri tabanı kullanılmaktadır.

Bunlardan ilki Put Vein Database (PVD) [6]dir. Bu veri tabanı ile çalışmanın güncel çalışmalar ile karşılaştırılması hedeflenmiştir. PVD 2400 görüntüden oluşmaktadır. Fakat bunlardan sadece yarısı avuç içi görüntüsüdür. Veri, 50 kişinin her iki elinden farklı zaman dilimlerinde alınmıştır. Çözünürlükleri 1280x960 olup 24bit veri içermektedir. Bu veri tabanını seçmemizdeki en önemli etken kolay temin edilebiliyor olmasıdır.

Çalışmamızda kullandığımız ve 3 boyut verisini oluşturduğumuz veri tabanı kendi Stereo Avuç içi Damar Veri tabanımızdır(SADV). 52 gönüllünün her iki elinden alınan görüntüler toplamda 208 farklı görüntü içermektedir. Her bir görüntü çifti perspektif düzeltim ve ölçümleme işlemlerinden sonra 800x400 piksel, 24bit veri içermektedir. Bu veri tabanı için stereo kamera tabanlı bir cihaz geliştirilmiştir[3].

III. DENEYLER

Deneylerimizi güncel çalışmalar ile karşılaştırabilir kılabilmek için [14] de tanımlanan algoritmayı kendimize temel kabul ettik. Ardından Bölüm II B de tanımladığımız esaslara dayalı sonuçlarımız ile karşılaştırdık.



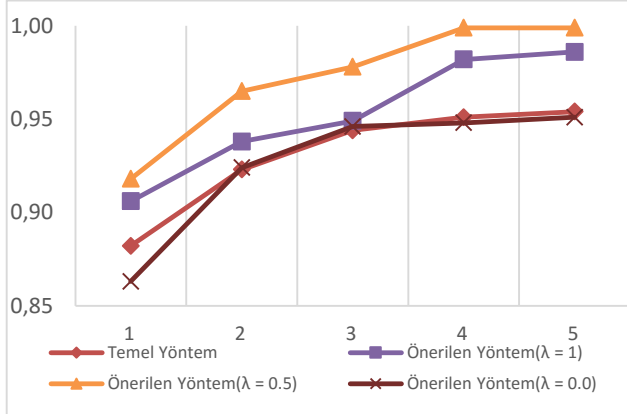
Yaptığımız çalışmalarını doğrulamak için, 3 farklı deney ortaya koyduk. İlk olarak temel yöntemi PVD ve SADV üzerinde çalıştırarak SADV nin kalite seviyesini ortaya koymak istedik. Şekil 4 de temel yöntemin PVD ve bizim veri tabanımız üzerinde kişi tanıma sonuçlarının RANK değerleri gösterilmiştir. Beklendiği gibi PVD resim kalitesi sebebiyle kendi veri tabanımızdan daha iyi sonuçlara ulaşmıştır.

Yöntemler	Hata Oranı
Zhang [15]	%1,2
Kabaciński [5]	%3,8
Önerilen Sistem ($\lambda = 1$)	%8,2

Tablo 1: Avuç içi üzerinde çalışan farklı sistemlerin başarımlar değerleri

İkinci deney olarak regresyon tabanlı algoritmamızı PVD üzerinde çalıştırılmıştır. PVD stereo bilgisi sunmadığı için sadece regresyon tabanlı damar bulma yöntemi ile birlikte formül 2 de $\lambda = 1$ durumu ile birlikte derinlik bilgisi kullanmadan deney gerçekleştirilmiştir. Tablo 1 de görüldüğü gibi sistemimiz diğer iki boyut kullanan yöntemler ile karşılaştırılabilir sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Sistem iki boyutlu veriler için inşa edilmemesine rağmen başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Son deney olarak 4 algoritmanın SADV üzerindeki kişi tanıma sonuçlarının RANK değerleri Şekil 5 de gösterilmiştir. İlk algoritma temel yöntemdir ve kırmızı eğri ile gösterilmiştir. Mor eğri ile gösterilen algoritma Formül 2 de $\lambda = 1$ olarak kullanılan halidir. Bu aynı zamanda iki boyutlu analiz anlamına gelmektedir. Bu algoritma açık bir şekilde temel yöntemden daha iyi bir performans sergilemiştir. Üçüncü algoritma Formül 2 de $\lambda = 0$ olarak kullanılmış halidir. Bunun anlamı kahverengi eğri ile gösterilen deneyde 2 boyut verisi tamamen ihmal edilmiştir. Sadece derinlik bilgisi ve damar kesişim noktaları dikkate alınmıştır. Beklendiği gibi bu deney en kötü performansı sergilemiştir. Son olarak Formül 2 de $\lambda = 0,5$ olarak kullanılan algoritma en iyi sonucu vermiştir. Şekil 5 de sarı eğri ile gösterilmektedir.



Şekil 5: Önerilen sistemin ($\lambda = 0.5, 1, 0$) ve Temel yöntemin SADV üzerindeki RANK değerleri grafiği

Sonuç olarak, 3 boyut bilgisinin biyometrik tanıma için tek başına yeterli olmadığı fakat 2 boyut bilgisi ile birlikte kullanıldığında tanıma performansını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Önerdiğimiz sistem gürültü seviyesi yüksek görüntü kümelerinde regresyon etkisini kullanarak başarıyı artırmaktadır. Bu sayede ucuz mal edilebilecek sistemlerde güncel başarımların değerleri ile karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan deneyler görüntü kalitesi artırıldığında sistemimizin başarımlarının daha yüksek seviyelere çıkacağını göstermektedir.

IV. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMASI

Avuç içi damar teknolojilerini ve üç boyut bilgisini kullanarak kişi tanıması yapan yeni bir sistem ortaya koyulmuştur. Aynı zamanda biyometrik tanımda kullanılabilecek yeni bir karşılaştırma yöntemi tanımlanmıştır. DVR tabanlı yaklaşımların gürültülü görüntülerde başarımlarını artıracağını ispatlamaya çalışmıştır. Ayrıca üç boyut bilgisi ile birlikte biyometrik hırsızlık ve kandırmacanın engellenebileceği bir sistem ortaya koymuştur. Gelecek çalışmalarımız arasında daha yaygın bir veri tabanı üzerinde çalışmak, çizge tabanlı damar karşılaştırma yöntemleri meydana çıkarmak ve daha iyi kalitede görüntülerden oluşan bir veri tabanı ortaya koymak bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Bhosale, M. V. U., Kale, M. O. S., Pawar, M. M. W., Patil, M. R. R., Patil, M. P. S., & Madankar, M. S. Palm Vein Extraction and Matching For Personal Identification. 2014.
- [2] Brunelli, R. Template matching techniques in computer vision. 2008.
- [3] Colak S., Ozdemir O. F., Akgul Y. S., Stereo Camera System For Palm Vein Biometrics, In Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2016 24th (değerlendirmede). IEEE.
- [4] Dalal, N., & Triggs, B. Histograms of oriented gradients for human detection. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on (Vol. 1, pp. 886-893). IEEE. 2005
- [5] Fuksis, R., Kadikis, A., & Greitans, M. (2011, November). Biohashing and fusion of palmprint and palm vein biometric data. In Hand-Based Biometrics (ICHB), International Conference on (pp. 1-6). IEEE. 2011
- [6] Kabaciński, R., & Kowalski, M. Vein pattern database and benchmark results. Electronics Letters, 47(20), 1127-1128. 2011
- [7] Karakoc, N. S., Karahan, S., & Akgul, Y. S. Regressor Based Estimation of the Eye Pupil Center. In Pattern Recognition (pp. 481-491). Springer International Publishing. 2015
- [8] Iula, A., Savoia, A., & Caliano, G. 3D ultrasound palm vein pattern for biometric recognition. In Ultrasonics Symposium (IUS), 2012 IEEE International (pp. 1-4). IEEE. 2012
- [9] Miura, N., Nagasaka, A., & Miyatake, T. Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification. Machine Vision and Applications, 15(4), 194-203. 2004
- [10] Ravanbakhsh, M., Heipke, C., & Pakzad, K. Road junction extraction from high-resolution aerial imagery. The Photogrammetric Record, 23(124), 405-423. 2008.
- [11] Sironi, A., Lepetit, V., & Fua, P. Multiscale centerline detection by learning a scale-space distance transform. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2014 IEEE Conference on (pp. 2697-2704). IEEE. 2014
- [12] Smola, A. J., & Schölkopf, B. A tutorial on support vector regression. Statistics and computing, 14(3), 199-222. 2004
- [13] Tome, P., & Marcel, S. On the Vulnerability of Palm Vein Recognition to Spoofing Attacks. In The 8th IAPR International Conference on Biometrics (ICB) (No. EPFL-CONF-206815). 2015
- [14] Wang, J. W., & Chen, T. H. Building Palm Vein Capturing System for Extraction. In Systems Engineering (ICSEng), 2011 21st International Conference on (pp. 311-314). IEEE. 2011
- [15] Wang, L., Leedham, G., & Cho, D. S. Y. Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics. Pattern recognition, 41(3), 920-929. 2008
- [16] Zhang, Y. B., Li, Q., You, J., & Bhattacharya, P. (2007). Palm vein extraction and matching for personal authentication. In Advances in Visual Information Systems (pp. 154-164). Springer Berlin Heidelberg.