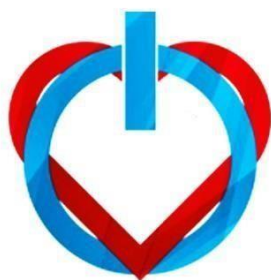


27 TEMMUZ 2024



MEDİKORYA

Biyomedikal Oryantasyon Derneđi

EĞİTİM DİREKTÖRLÜĞÜ

VEIN FINDERS

(DAMAR GÖRÜNTÜLEME CİHAZI)

BİYOMEDİKAL ORYANTASYON DERNEĞİ

EĞİTİM DİREKTÖRLÜĞÜ

Teknolojik Gelişmeler Araştırmacısı | RİMAZ ALASAĞF
Akademi ve Projeler Eđitim Koordinatörü | BEYZANUR GÜNÇAL

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ	ii
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Vein Finder Nedir?.....	1
1.2.Vein Finder Teknolojisi	1
1.3.Vein Finder Cihazı Çalışma Prensibi	1
1.4.Vein Finder Nelerden Oluşur	3
1.4.1.Vein Finder Cihazında Kullanılan Materyaller	3
1.5.Vein Finder İle Görüntü Elde Etme Yöntemleri.....	6
1.6.Damar Görüntülerinin İşlenmesi İçin Uygulanan Adımlar	6
1.7.Vein Finder Sistemleri.....	10
1.8.Vein Finder Klinik Uygulamaları	10
1.9.Vein Finder Cihazının Dezavantajları	10
2. SONUÇ	11
3. KAYNAKÇA	11

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Vein Finder cihazı	2
Şekil 2. Vein Finder cihazının kurulum mimarisi	3
Şekil 3. 850 nm dalga boyuna sahip power led	4
Şekil 4. Raspberry Pi kızılötesi kamerası	4
Şekil 5. Optik kızılötesi filtre	5
Şekil 6. Filtre boylarındaki geçirgenlik yüzdeleri	5
Şekil 7. Mikrobilgisayar	6
Şekil 8. Alınan görüntünün ilk hali ve gri seviyeye indirgenmiş hali	7
Şekil 9. a) Görüntünün gri seviyeye dönüştürülmüş hali b) Kont. Sınırlı adaptif histogram eşitleme yapılmış hali	7
Şekil 10. görüntünün KSAHE sonrası ortanca (medyan) filtreden geçirilmiş hali gösterilmektedir.	7
Şekil 11. a) Ortanca (medyan) filtre uygulanmış hali b) Adaptif eşikleme yapılmış hali	8
Şekil 12. a) Adaptif eşikleme yapılmış hali b) Açma-kapama-aşındırma işlemleri yapılmış hali	8
Şekil 13. a) Kamera tarafından alınan görüntünün orijinal hali b) RPI 2 mikrobilgisayarında işlenmiş son hali	9
Şekil 14. a) 120x180 boyutlu ham görüntüler b) Doktor tarafından işaretlenen damar bölgeleri c) İşaretli bölgelerin iki seviyeli görüntü sonuçları d) Görüntü işleme adımları sonrası elde edilen görüntüler	9

1. GİRİŞ

Tıbbi uygulamalarda venöz erişim sağlamak için kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar, kan damarlarının yerini belirlemek ve iğne veya kateter gibi tıbbi cihazları daha etkili bir şekilde yerleştirmek için kullanılır. Özellikle zor venöz erişim vakalarında hastalara daha az rahatsızlık ve daha az iğne denemesi sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

1.1. Vein Finder Nedir?

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

1.2. Vein Finder Teknolojisi

Damar görüntüleme işlemleri için biyometri biliminden yararlanır. 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. 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. Bu gibi problemlerin olası bir çözümü deri yüzeyi altındaki kan damarlarının görselleştirilmesi ile lokalizasyonun geliştirilmesidir. Damar görüntüleme için kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Ultrason, damar görüntüleme için kullanılan yöntemlerden birisidir; fakat ekstra beceri, yardım gerektirir ve maliyeti de yüksektir. Damar görüntüleme için diğer bir yöntem ise kızılötesi ışık kaynağı kullanarak damar harita yapılarının (vein finder) tespit edilmesidir.

1.3. Vein Finder Çalışma Prensibi

Kızılötesi (NIR) ışık veya lazer teknolojisi kullanarak çalışır. Bu cihaz, cilt yüzeyinden geçen damarların altındaki kan akışını veya damarların kendisini görsel olarak gösterir. Cilt altındaki damarlar, NIR ışığını absorbe eder ve yansıtırken çevredeki dokular ışığı absorbe eder. Bu sayede cihaz, damarların görüntülerini alır ve bu görüntüleri ekranlarında görselleştirir.

Bu yaklaşımın başarısı, büyük miktarda veriye ve uygun algoritmaların seçimine dayanır. Derin öğrenme, yapay zekâ teknolojilerinin gelişimine büyük katkı sağlayan önemli bir kavramdır. Gündelik hayatımızda birçok uygulamasını gözlemlemekteyiz... Veri bilimcileri ve araştırmacılar, derin öğrenme projeleri üzerinde çalışmaya devam ederek, bu teknolojinin daha da gelişmesine katkıda bulunmaktadır.



Şekil 1.Vein Finder cihazı

Cilt üzerine 850 nm dalga boylu ışık kaynaklarından yollanan ışınlar, deri üzerine yansıtılır. Cilt yüzeyine yansıtılan kızılötesi ışıklardan 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. Sonrasında toplanan el damar görüntüleri, ham halleriyle uzman tarafından bilgisayar ortamında incelenmiş ilgili hedef bölgelerde bulunan damarlar işaretlenerek damar tespiti yapılmıştır. Ardından işaretlenen damar bölgeleri, Raspberry Pi tarafından çeşitli görüntü işleme yöntemleriyle ortaya çıkarılan damar bölgeleri ile kıyaslanarak doğruluk dereceleri karşılaştırılmıştır.

- Yakın Kızılötesi (NIR) Teknolojisi: Bu teknoloji, damarlar altında bulunan kan akışının belirli bir dalga boyundaki yakın kızılötesi ışıkla algılanması prensibine dayanır.
- Lazer Teknolojisi: Bazı vein finder cihazları, lazer teknolojisi kullanarak çalışır. Bu cihazlar, cilt yüzeyine odaklanmış bir lazer ışığı gönderir ve cilt damarlarının yerini tespit eder.
- Ultrasonik Teknoloji: Bazıları, ultrasonik teknolojiyi kullanarak çalışır. Cihaz, cilt yüzeyine yerleştirilen bir ultrasonik prob vasıtasıyla ultrason dalgaları gönderir. Dalgalar, cilt altındaki damarlardan yansır ve cihazın alıcısı bunları algılayarak damarların görüntülerini oluşturur.
- Görüntü İşleme ve Yapay zeka: Bazı daha gelişmiş vein finder cihazları, görüntü işleme ve yapay zeka teknolojilerini de içerir, daha hassas bir şekilde tespit eder, toplanan görüntüleri analiz ederek damarların doğru konumunu ve belirlemeye yardımcı olur.

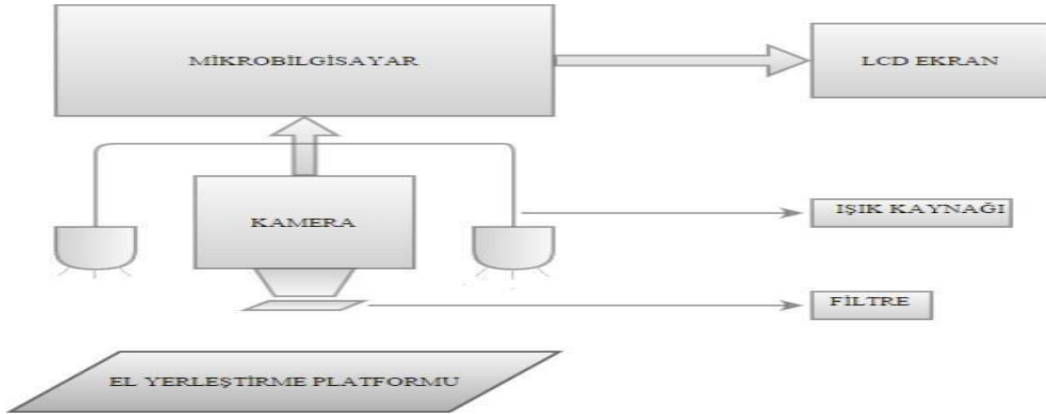
1.4. Vein Finder Nelerden Oluşur?

Damar görüntüleme sistemi, deri altındaki damarların kontrastını artırarak çeşitli görüntü işleme teknikleriyle iyileştirilip onların daha belirgin hale getirilmesi esasına dayanır. Kızılötesi ışınların, kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin gelen ışınları soğurması özelliğinden yararlanılarak damarların diğer dokulardan farklı olarak görüntülenmesi sağlanır. Kızılötesi ışınların bu özelliğinden faydalanarak damar görüntüsü 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 2 (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 görüntü bilgilerinin çeşitli görüntü işleme teknikleriyle iyileştirilebilmesi için Raspberry Pi 2 mikrobilgisayarı kullanılmıştır. İşlenen görüntüler RPI HDMI çıkışı sayesinde ICD ekrana aktarılmış ve bu şekilde gerçek zamanlı olarak damarların görüntülenebilmesi sağlanmıştır. Aşağıda sistemin kurulum mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 2. Vein Finder cihazının kurulum mimarisi

1.4.1. Vein Finder Cihazında Kullanılan Materyaller

1) Kızılötesi ışınları

Kızılötesi ışınların, kandaki alyuvarlarda bulunan hemoglobinin gelen ışınları soğurması özelliğinden yararlanılarak damarların diğer dokulardan farklı olarak görüntülenmesi sağlanır. Kızılötesi ışınların bu özelliğinden faydalanarak damar görüntüsü 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 2 (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 görüntü bilgilerinin çeşitli görüntü işleme teknikleriyle iyileştirilebilmesi

için Raspberry Pi 2 mikrobilgisayarı kullanılmıştır. İşlenen görüntüler RPI HDMI çıkışı sayesinde LCD ekrana aktarılmış ve bu şekilde gerçek zamanlı olarak damarların görüntülenebilmesi sağlanmıştır.

2) Işık kaynağı

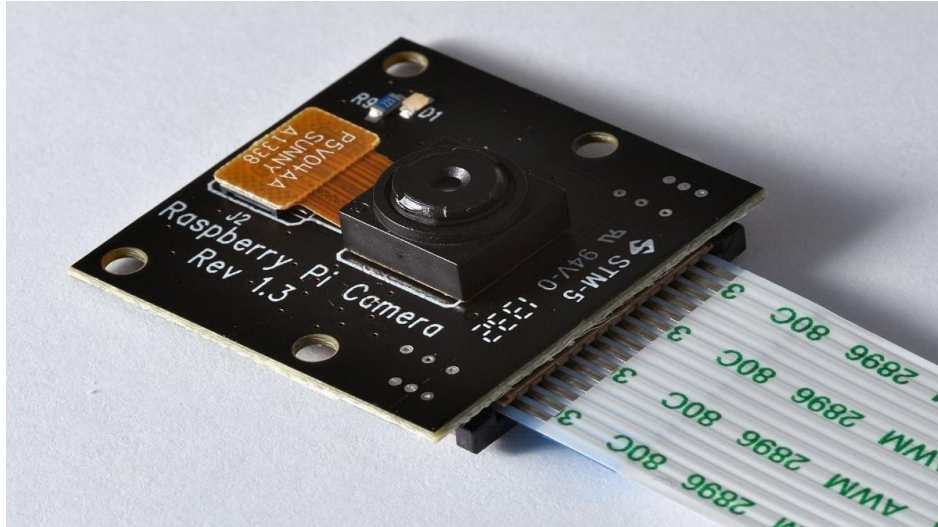
Deri yüzeyini aydınlatmak ve damarların daha koyu bir şekilde görüntü sensörü tarafından algılanabilmesi için 2 adet 850 nm dalga boyuna sahip 1 watt gücünde power ledler kullanılmıştır.



Şekil 3. 850 nm dalga boyuna sahip power led

3) Görüntü algılama sensörü ve kızılötesi filtre

Power ledler sayesinde aydınlatılan hedef bölgeden görüntülerin alınabilmesi için Şekilde gösterilen, 5 MP çözünürlüklü CCD sensörlü Raspberry Pi kızılötesi kamerası kullanılmıştır. Ayrıca, görüntü alınırken netliği ayarlamak için görüntü algılama sensörünün önüne manuel olarak ayarlanabilen odaklama lensi konulmuştur.



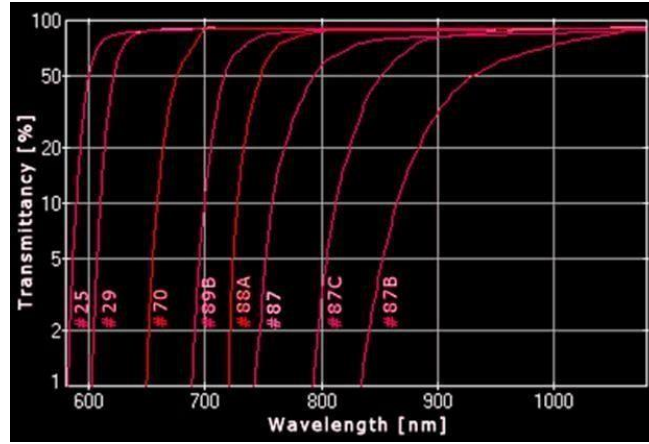
Şekil 4. Raspberry Pi kızılötesi kamerası

Aynı zamanda, sistemde görüntü alınırken ortamda bulunan görünür ışığın etkisini ortadan kaldırmak ve yalnızca kızılötesi ışınların kameraya ulaşabilmesi için kamera lensinin önüne **şekil 5'te** gösterilen optik kızılötesi filtre (Kodak 87C Wratten Filtre) yerleştirilmiştir.



Şekil 5. Optik kızılötesi filtre

Şekil 6'da görünür ışığın etkisini ortadan kaldırmak için kullanılan filtrenin (Kodak 87C Wratten Filtre) farklı dalga boylarındaki geçirgenlik yüzdeleri gösterilmektedir. Raspberry Pi 2 Model B, kızılötesi kamera ile alınan görüntülerin sayısal ortama aktarılması ve görüntü işleme tekniklerinin uygulanması için kullanılmıştır.



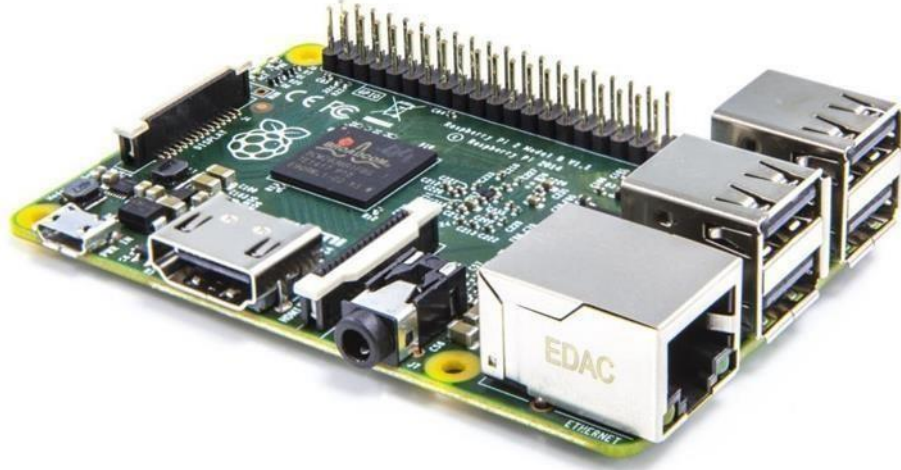
Şekil 6. Filtre boylarındaki geçirgenlik yüzdeleri

4) Mikrobilgisayar

Kızılötesi kamera ile alınan görüntülerin sayısal ortama aktarılması ve burada görüntü işleme tekniklerinin uygulanması için Raspberry Pi 2 Model B mikrobilgisayarı kullanılmıştır.

- ✓ Raspberry Pi, kredi kartı boyutunda bir mini bilgisayar kartıdır ve dört çekirdekli bir işlemciye sahip.
- ✓ Kartın 1 GB RAM'ı vardır ve 1080p30 H.264 video decode özelliği ile HDMI üzerinden monitöre görüntü aktarabilir.
- ✓ Raspberry Pi, SD kart üzerinden çalışır ve en az 4GB SD kart gereklidir.
- ✓ Mikrobilgisayar kart, dört adet USB portuna sahiptir, bu sayede çeşitli cihazlar bağlanabilir.
- ✓ Raspberry Pi, 5 V 2.1 amper bir adaptör üzerinden güç alır ve otomatik olarak çalışır.
- ✓ Raspberry Pi üzerinde 40-pin GPIO header bulunur ve istenilen donanım bu pinlere bağlanabilir.

Teknik özellikler arasında işlemci hızı, RAM miktarı, güç tüketimi, güç beslemesi ve fiziksel boyutlar bulunur.



Şekil 7. Mikrobilgisayar

5) Raspberry Pi 2 ve OpenCV

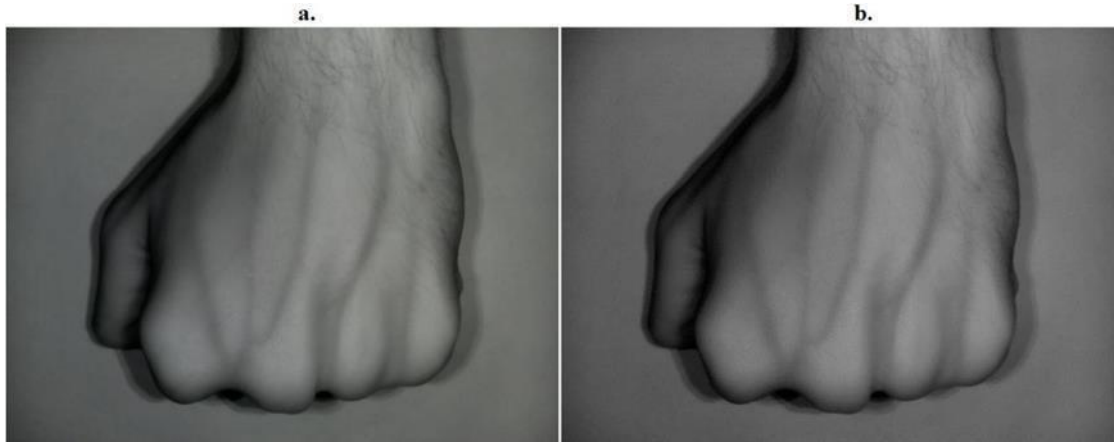
Damar örüntüsünün çıkarılabilmesi için Raspberry Pi 2 kızılötesi kamerasıyla hedef bölgeden alınan görüntüler, OpenCV açık kaynak kodlu kütüphanesi kullanılarak Python dilinde çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak iyileştirilmiştir. Bu sayede alınan ham görüntü üzerinde damar tespiti yapılmıştır. Bu tespit için görüntü üzerinde sırasıyla; gri seviyeye dönüştürme, kontrast sınırlı adaptif histogram eşitleme, medyan filtreleme, adaptif eşikleme ve iki seviyeli görüntü üzerinde oluşan gürültülerin giderilebilmesi için çeşitli morfolojik işlemler (açma-kapama-aşındırma) uygulanmıştır.

1.5. Vein Finder İle Görüntü Elde Etme Yöntemleri:

- Gri seviyeye dönüştürme
- Kontrast sınırlı adaptif histogram eşitleme
- Ortanca (medyan) filtre
- Yerel eşikleme
- Morfolojik işlemler (açma işlemi, kapama işlemi, aşınma)
- Veri toplama ve deney prosedürleri
- Analiz

1.6. Damar Görüntülerinin İşlenmesi İçin Uygulanan Adımlar

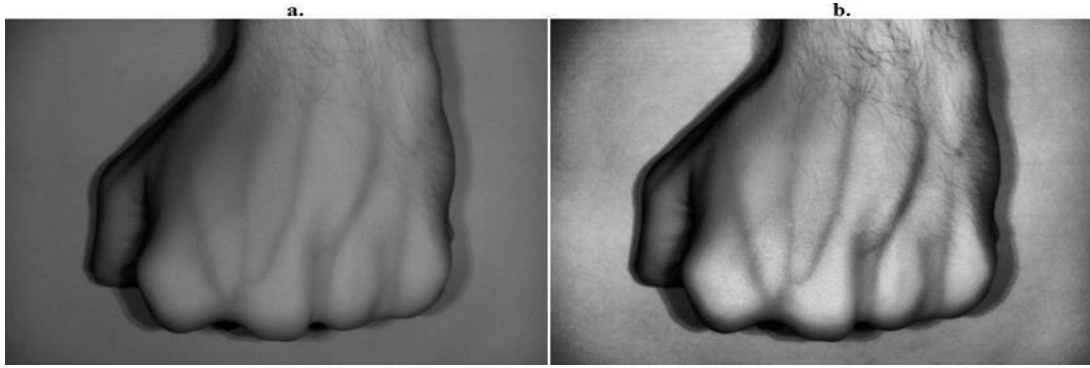
Gri Seviyeye Dönüştürme: Kızılötesi kamera yardımıyla alınan görüntü ham görüntü, ilk olarak 8 bit 256 gri seviyeye dönüştürülmüştür. Alınan görüntünün ilk hali ve gri seviyeye indirgenmiş hali **Şekil 8'de** gösterilmiştir.



Şekil 8. Alınan görüntünün ilk hali ve gri seviyeye indirgenmiş hali

1) Kontrast Sınırlı Adaptif Histogram Eşitleme (KSAHE)

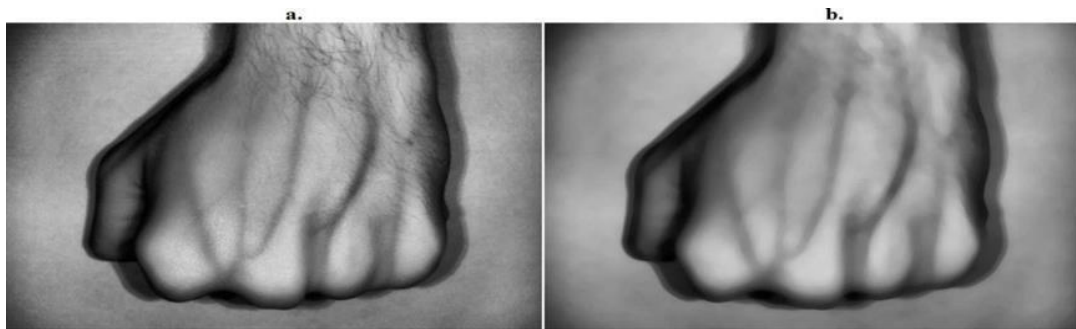
İlk aşamada gri seviyeye indirgenen görüntüye bu bölümde kontrastı sınırlandırılarak histogram eşitleme işlemi yapılmıştır. Bu sayede damar görüntüleri deri üzerinde daha koyu bir şekilde belirginleştirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 9. a) Görüntünün gri seviyeye dönüştürülmüş hali b) Kont. Sınırlı adaptif histogram eşitleme yapılmış hali

2) Medyan Filtreleme

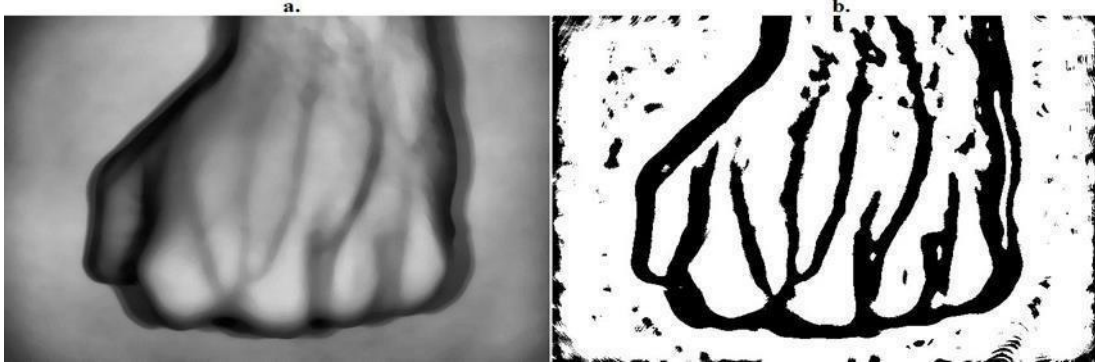
Kontrastı sınırlandırılarak histogram eşitleme yapılan görüntü, sonrasında 5x5 pencere genişliğinde medyan filtreden geçirilmiştir. Medyan filtrenin hedefi el yüzeyinde bulunan tüylülük, kırışıklık gibi damar örüntülerinin gözükmesinde bozucu etki yapan etkenleri ortadan kaldırmaktır.



Şekil 10. görüntünün KSAHE sonrası ortanca (medyan) filtreden geçirilmiş hali gösterilmektedir

3) Adaptif Yerel Eşikleme

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.



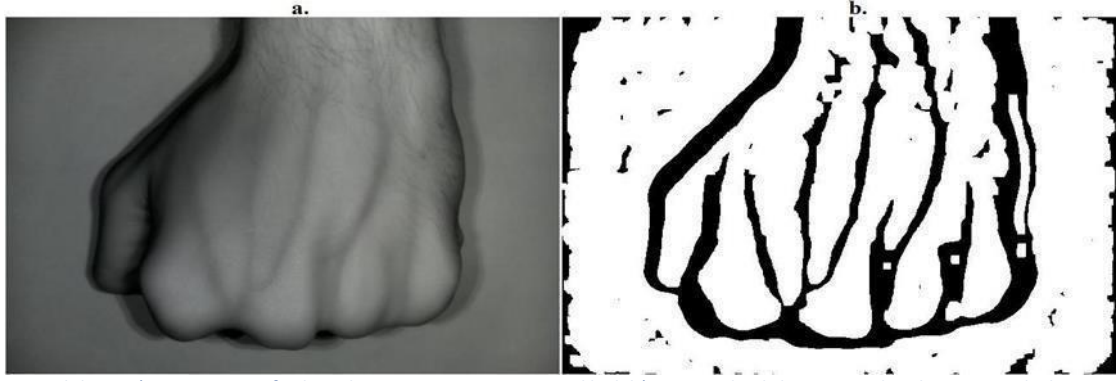
Şekil 11. a) Ortanca (medyan) filtre uygulanmış hali b) Adaptif eşikleme yapılmış hali

4) Morfolojik İşlemler (açma-kapama-aşındırma)

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 orijinal damar örüntü boyutlarına yaklaştırılması hedeflenmiştir.



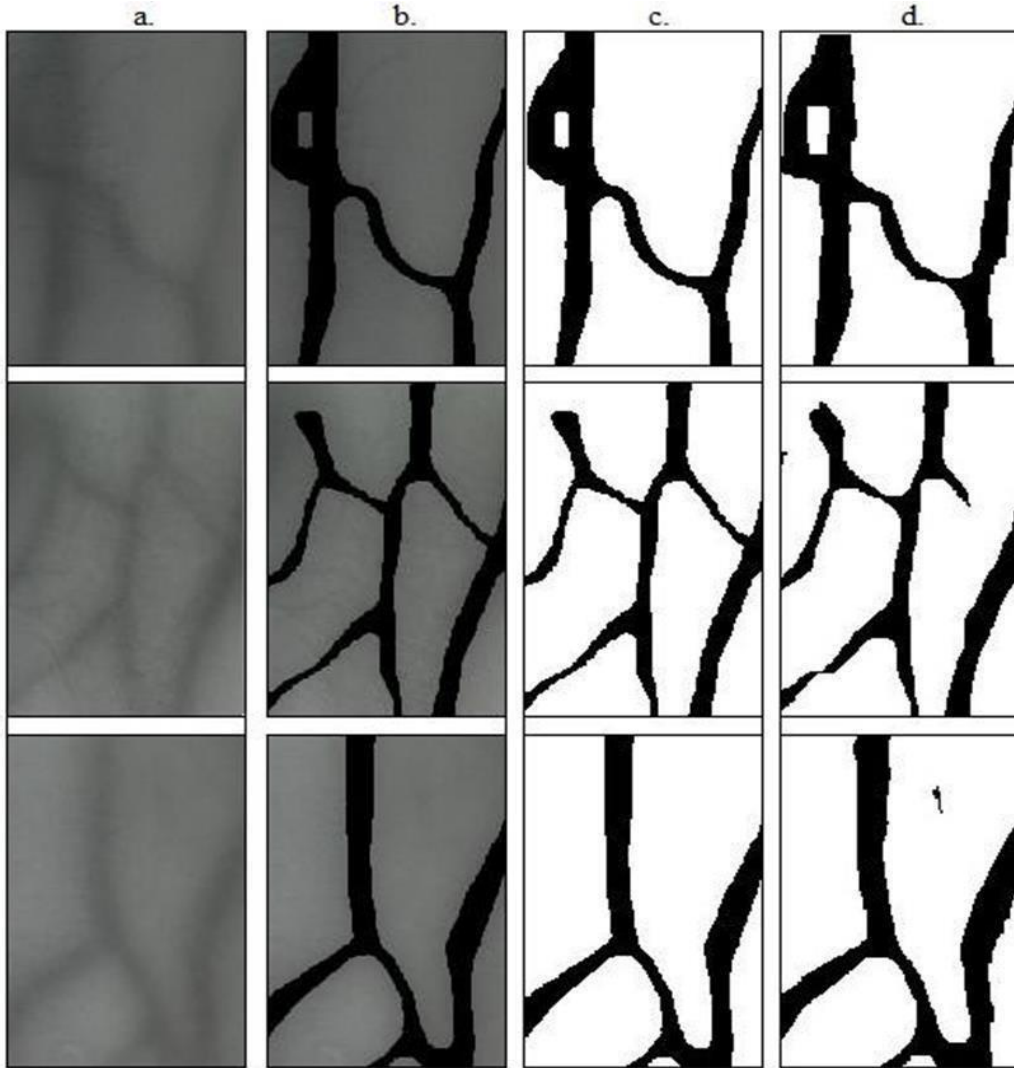
Şekil 12. a) Adaptif eşikleme yapılmış hali b) Açma-kapama-aşındırma işlemleri yapılmış hali



Şekil 13. a) Kamera tarafından alınan görüntünün orijinal hali b) RPI 2 mikrobilgisayarında işlenmiş son hali

5) Örtüşme Yüzdelerinin Karşılaştırılması

Elde edilen el damar örüntüleri üzerinden 120x180 boyutlarında hedef bölgeler seçilmiştir. **Şekil 14'de** 120x180 boyutlu 3 görüntünün ham halleri ve doktor tarafından belirlenen damar bölgelerinin ikili seviye sonuçları, en sonda ise görüntü işleme adımları sonrasında elde edilen görüntüler gösterilmektedir.



Şekil 14. a) 120x180 boyutlu ham görüntüler b) Doktor tarafından işaretlenen damar bölgeleri c) İşaretli bölgelerin ikili seviyeli görüntü sonuçları d) Görüntü işleme adımları sonrası elde edilen görüntüler

1.7. Vein Finder Sistemleri:

1. Anjiyografi
2. Manyetik rezonans görüntüleme
 - 2.1. Manyetik rezonans anjiyografi
3. Ultrasonografi
 - 3.1. Renkli doppler ultrasonografi
4. Uzak kızılötesi teknolojisi
5. Yakın kızılötesi teknolojisi

1.8. Vein Finder Klinik Uygulamaları:

- Hastane Acil Servisleri: Daha hızlı ve daha az rahatsızlık vererek damar yolu açma işlemlerini kolaylaştırabilir.
- Yoğun Bakım Üniteleri: Yoğun bakım ünitelerinde, hastaların damar yolu açılması ve intravenöz ilaç veya sıvı tedavileri uygulanması sıkça gerekebilir. Hastalarda zor venöz erişim durumlarında damarları daha doğru bir şekilde bulmaya yardımcı olabilir.
- Ameliyathaneler: Cerrahi işlemler sırasında hastalara anestezi veya diğer ilaçları vermek için venöz erişim sağlamak önemlidir.
- Onkoloji ve Radyoloji Merkezleri: Kanser tedavisi alan hastalarda sık sık kemoterapi veya radyoterapi için venöz erişim gerekebilir.
- Kan Bağışı Merkezleri: kan bağışı işlemini daha rahat ve hızlı hale getirir.
- Evde Sağlık Hizmeti Verilen Durumlar: Damar yolu açma işlemi için hastaneye gitmeleri gerekmeyebilir.

1.9. Vein Finder Cihazının dezavantajları:

- Maliyet: Tıbbi kurumlar için yüksek maliyetli olabilir. Özellikle küçük ölçekli klinikler veya sağlık merkezleri için yatırım maliyeti zorlayıcı olabilir. Bu nedenle, cihazların satın alınması ve bakımı bütçe açısından sınırlayıcı olabilir.
- Cilt Tipleri ve Etkinlik: Cilt rengi, kalınlığı ve damarların derinliği gibi faktörler, vein finder cihazlarının etkinliğini etkileyebilir. Özellikle koyu ten rengine sahip olan hastalarda veya cilt altındaki damarları ince olan kişilerde, cihazların doğru sonuçlar vermesi zor olabilir.
- Bakım ve Yedek Parça İhtiyacı: Cihazların verimli ve güvenilir bir şekilde çalışması için bakımının düzenli olarak yapılması ve gerektiğinde yedek parça temin edilmesi önemlidir. Bakım ve yedek parça ihtiyacı ek maliyet ve zaman harcamasını beraberinde getirebilir.
- Teknoloji Bağımlılığı: Tıbbi personelin vein finder cihazlarına aşırı bağımlı hale gelmesi, el becerisini ve damarları elle hissetme yeteneğini azaltabilir. Bu durumda, cihazın teknik arıza veya kullanılamama durumunda damar yolu açma süreci olumsuz etkilenebilir.
- Hastanın Endişesi ve Rahatsızlığı: Cihazın kullanılması, hastaların psikolojik ve duygusal durumlarını etkileyebilir ve tedaviye uyumlarını olumsuz etkileyebilir.

2. SONUÇ

Gelecekte, daha taşınabilir, hassas ve daha kullanıcı dostu vein finder cihazlarına yönelik çalışmaların devam etmesi beklenmektedir. Ayrıca, yapay zeka ve görüntü işleme teknolojilerinin entegrasyonu gibi yeni inovasyonlarında damar bulma sürecini daha da iyileştireceği düşünülmektedir.

3. KAYNAKÇA

- [1] Damarlari,"Damar Görüntüleme Cihazı Çeşitleri ve özellikler", Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:<https://damarlari.com/damar-goruntuleme-cihazi.html>
- [2] Vein-finder,"5 Best Vein Finder (Vein Viewer) – With Technical Comparison". Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:<https://www.vein-finder.com/best-vein-finder/>
- [3] Hellovein," NEAR-INFRARED VEIN VISUALIZATION SYSTEM". Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:
<https://hellovein.com/product/lite2-0/>
- [4] Seymen V., Boyraz Ö. F., Çetin Ö., Yıldız M. Z., Kızılötesi görüntülerden el - damar örüntüsü tespiti, Isites - International Symposium On Innovative Technologies In Engineering And Science, 2014. Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:
<https://acikerisim.sakarya.edu.tr/bitstream/handle/20.500.12619/79872/T06484.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Wang, L., Leedham, G., Cho, S., Infrared imaging of hand vein patterns for biometric purposes, Journal of Security Engineering, 2009. Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:
https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-cvi_20070009
- [6] Boyraz Ö. F., Mobil Damar Görüntüleme Cihazı Tasarımı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2015. Erişim: 31 Aralık 2023 Web adresi:
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>