TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: AIGNOSE: Girişimsel Olmayan Hemoglobin Ölçümü

TAKIM ADI: AIGNOSE

KATEGORİ: Sağlık-İlk Yardım

Başvuru ID: 346009

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI: Mustafa Nuri Yenerel

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) 3
2. Problem Durumunun Tanımlanması: 3
   Anemi Nedir? 3
   Menstrüal Siklus 3
   Anemi Prevalansı 4
3. Çözüm 5
4. Yöntem 6
   Verilerin Eldesi 7
   Renk kalibrasyonu: 7
   Konjonktiva Segmentasyonu 7
   Hemoglobin Değerinin Hesaplanması 8
   Modelin Değerlendirilmesi 8
   Model Kullanımı 8
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü 9
6. Uygulanabilirlik 9
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması 10
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar): 11
   Üreme Çağındaki ve Hamile Kadınlar 11
   Talasemi Hastaları 11
   Ağır Menstrual Kanaması Olan Kadınlar 11
9. Riskler 12
10. Kaynaklar 12

TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

1. **Proje Özeti (Proje Tanımı)**

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2011 yılı global anemi sıklığı verilerine göre Türkiye'de anemi özellikle okul öncesi çocukları, üreme çağındaki kadınları ve hamile kadınları etkileyen orta dereceli bir halk sağlığı sorunudur (Dünya Sağlık Örgütü, 2015). Anemi menstrüasyon dönemleri yoğun geçen kadınlarda yorgunluk, halsizlik, kalp çarpıntısı gibi semptomlara yol açarak hayat kalitesini düşürebilir (CDC, 2019). Bir faaliyet tabanlı maliyetleme çalışmasına göre hemogram ölçümünün birim maliyeti 639 TL olarak hesaplanmıştır (Aslan, 2019). Projemizde amacımız anemi oluşması bakımından risk grubunda bulunan üreme çağındaki ve hamile kadınlar başta olmak üzere hastaların hastaneye ve sağlık çalışanlarına ihtiyaç duymadan hemoglobin değerini öğrenmesini sağlamaktır. Böylece invaziv yöntemler sırasında oluşacak masrafların önüne geçilecektir. Anemiye yatkın hastaların takibi iyi yapılamadığında hastaların yaşam kalitesi düşer ve bu durum devlete ekonomik yük olarak yansır. Özel ekipman ve sağlık çalışanı gerektiren test işlemlerinin maliyetli olması, kaynakların yetersiz olduğu ortamlarda teşhis için engelleyici bir faktör oluşturmaktadır. Bu engelleyici problemler özellikle de anemi oranı daha yüksek ve kaynakları yetersiz olan kırsal kesimde daha yaygındır (Mannino, 2018). Bu sorunun çözümü için hekime ve hastaneye ulaşma zorunluluğunu ortadan kaldırarak non-invaziv şekilde anemi teşhisi koyabilen bir akıllı telefon uygulaması geliştirmeyi hedeflemekteyiz. Vücudumuzda melanin pigmenti içermeyen bölgelerdeki renklenmenin hemoglobin proteini tarafından sağlanması, anemide düşük hemoglobin seviyeleri ve konjonktiva gibi mukozal alanlardaki solukluk arasında bir ilişki kurulmasını sağlamıştır. Bu düşünceden hareketle renk kalibrasyon kartı ile çekilmiş göz fotoğrafı ve hemoglobin değerini içeren veri seti ile hemoglobin değerini hesaplayacak bir yapay zeka algoritması yazılması üzerindeki çalışmalarımız devam etmektedir. Uygulamamızın hemoglobin değerlerini tahmin edebilmesi için öncelikle Python OpenCV kütüphanesi kullanılarak fotoğrafın göz içeren bölge kırpılacaktır. Sonrasında konjonktiva, derin öğrenme modelleri kullanılarak segmente edilecektir. Segmente edilen görüntüler üzerinde ışık normalizasyonu yapılacaktır. Konjonktiva bölgesinin renk analizini yapmak için 25 renk bölgesi ve 4 adet ArUco marker içeren renk kalibrasyon kartı tasarladık. Renk analizi yaparken göz fotoğrafının ortamın ışık renginden etkilenmemesi için renk kalibrasyon kartı sayesinde ortam ışığı altındaki renklerin ortalama RGB değerleri hesaplanarak konjonktiva bölgesininin ortalama RGB değerleri ulaşılacaktır. Kullanıcı verilerinin güvenliğini sağlamak için kaydedilen veriler internet ortamına açılmadan Raspberry Pi cihazında muhafaza edilecektir. Yerli ve yabancı uygulama marketlerde kadınların menstrual döngüsünü takip ederken hemoglobin değerini hesaplayan bir uygulama bulunmamaktadır. Projemizin anemi görülme sıklığı yüksek olan üreme çağındaki kadınlar ve hamile kadınlar başta olmak üzere hemoglobin değerinin sıkı takibi gereken tüm bireylerde fayda sağlayacağını düşünmekteyiz.

2. **Problem Durumunun Tanımlanması:**

Anemi Nedir?

Hemoglobinin başlıca görevi oksijeni akciğerlerden dokulara ulaştırmak ve vücuttan atılması için karbondioksiti dokulardan akciğerlere taşımaktır. Fonksiyonel hemoglobinin ya da kırmızı kan hücrelerinin azalması anemiye neden olabilir. Hemoglobin genlerinde mutasyon olması, akut veya kronik kan kaybı, enfeksiyon, yetersiz beslenme ve folat eksikliği gibi birçok durum anemi sebepleri arasında sayılabilir.

Menstrüal Siklus

Bir kadının üreme sistemi, erkeklerden farklı olarak, hamilelik ve döllenme için periyodik hazırlık olarak kabul edilebilecek düzenli döngüsel değişiklikler gösterir. Primatlarda ve insanlarda bu döngü bir adet döngüsüdür ve en göze çarpan özelliği uterus mukozasının dökülmesiyle (menstrüasyon) oluşan periyodik vajinal kanamadır. Döngünün uzunluğu kişiden kişiye değişmekle birlikte ortalama bir adet döneminin başlangıcından bir sonrakinin başlangıcına kadar ortalama 28 gün geçmektedir. Yaygın kullanımla, adetin günleri, adetin ilk gününden başlayarak sayılarla tanımlanır. 10-16 yaşları arasında değişen ergenlik döneminde başlar ve ortalama 51 yaşında menopozda biter. (Thiyagarajan et al., 2022) Kadınlarda menstrüasyon döneminin yoğun veya uzun sürmesi anemiye neden olabilir. (CDC, 2019)

Anemi Prevalansı

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2011 yılı global anemi sıklığı verilerine göre Türkiye'de anemi özellikle okul öncesi çocukları, üreme çağındaki kadınları ve hamile kadınları etkileyen orta dereceli bir halk sağlığı sorunudur (Dünya Sağlık Örgütü, 2015). Talasemi alt türlerinden olan ve Akdeniz anemisi olarak da bilinen Beta talasemi, anne ve babadan çocuklara kalıtsal olarak geçen, önlenebilir bir kan hastalığıdır. Beta talasemi hastalığı ağır, tedavi düzgün sürdürülmezse yaşam süresini belirgin şekilde kısaltan ve yaşam kalitesini oldukça olumsuz etkileyen bir hastalıktır. Hastalığın tedavisi zor ve maliyetlidir. Talasemi, dünyada Türkiye'nin de aralarında bulunduğu Akdeniz ülkelerinde sıkça görülen bir hastalıktır. Her yıl ortalama 365.000 talasemi hastası dünyaya gelmektedir. Türkiye'de ise ortalama 4500 talasemi hastası bulunmaktayken 1.300.000 kişinin bu hastalığın taşıyıcısı olduğu bilinmektedir (Türk Hematoloji Derneği, 2019). Dünyada okul öncesi çocuklar ve üreme çağındaki kadınlar anemiden özellikle etkilenen gruplardır. Demir eksikliği anemisi, dünya çapında ve çoğu popülasyonda aneminin baskın nedenidir (Kassebaum & GBD 2013 Anemia Collaborators, 2016). Yaşamın erken dönemlerinde demir eksikliği bilişsel işlevleri ve psikomotor gelişimi olumsuz etkilemektedir. Demir eksikliği beyin yapılarının gelişimini aksatabilir, nörotransmitter homeostazını homeostazını bozabilir, miyelinizasyonu azaltabilir ve akut beyin işlev bozukluğuna yol açabilir (Georgieff, 2008).

Anemi tanısı koyulan hastalar sağlık kuruluşlarına yorgunluk, halsizlik, kalp çarpıntısı ve nefes darlığı gibi şikayetlerle başvurabilirler (Lanier, Park, & Callahan, 2018). Anemi tanısı koyulmadığında tedaviye başlanamayacağı için bu şikayetler kötüleşebilir.

Aneminin laboratuvar değerlendirmesi tam kan sayımı ve retikülosit sayımı ile başlar. Anemi daha sonra retikülositozlu veya retikülositozsuz mikrositik, makrositik veya normositik olarak kategorize edilir. Periferik yaymanın incelenmesiyle teşhis doğrulanır (Wallerstein, 1987). Ayrıca parmak ucundan alınan bir damla kan ile hemoglobin değeri ölçülebilmekte ve anemi tanısı koyulabilmektedir.

Bir faaliyet tabanlı maliyetleme çalışmasına göre hemogram ve total bilirubin ölçümünün birim maliyeti 639 TL olarak hesaplanmıştır (Aslan,2019). Buna göre aneminin tespiti sadece hastanın hastaneye gitme zorunluluğunu taşımayıp aynı zamanda ekonomik bir yük oluşturucu faktör olarak da karşımıza çıkmaktadır. Günümüzdeki anemi tanısı için kullanılan rutin yöntem kan değerlerinin analizidir.

Mevcut bu yöntemlerin dezavantajları arasında kan alma sırasında oluşabilecek komplikasyonlar, özellikle topuktan kan alma işleminin bebekler için acı verici olması, bulaşıcı hastalık riski bulunması, kan alacak profesyonelin olmayışı, kan örneğinin inceleneceği laboratuvar koşullarının sağlanamaması veya hastanın hastaneye ulaşamaması, ulaşsa dahi kan

vermek için sağlık çalışanıyla iş birliği yapmayışı sayılabilir. Parmak ucundan kan alarak hemoglobin ölçümü yapan cihazlar son yıllarda gelişme gösterse de her sağlık kuruluşunda bulunmayabilir.

Anemi teşhisinde invaziv yöntemlerin kullanılmasının yanı sıra, non-invaziv yöntemler de mevcuttur. Anemi teşhisinde non-invaziv yöntemlerin bulunmasında hareket noktası vücudun melanin pigmentinden yoksun olan veya pigmentin az bulunduğu göz içi, diş eti, tırnak yatağı gibi alanlarda düşük hemoglobin seviyesi ile solukluk arasında ilişki kurulması olmuştur (Mannino: Lin & Fisher, 2007).

Verileri daha iyi analiz edebilmek için genellikle renk kalibrasyon kartı kullanılır. Fakat bir çalışmada; büyük, ergonomik olmayan ve kolay erişilmeyen renk kalibrasyon kartı kullanılmıştır (Mariakakis vd., 2017). Bu tür kartların pratikte yaygın kullanımı olası görünmemektedir.

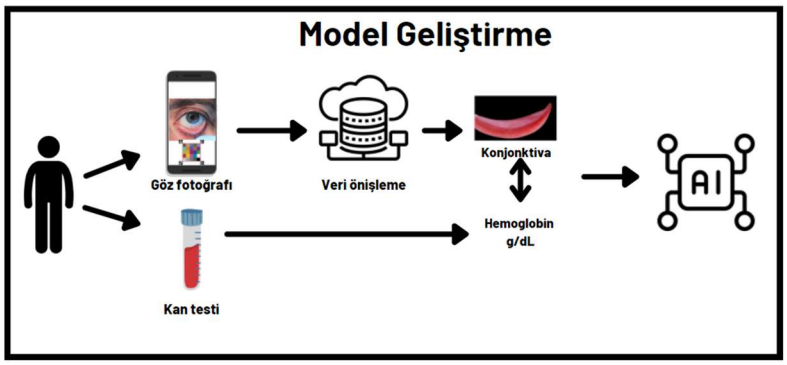
Şekil 1. Düşük hemoglobin seviyesinin konjonktiva rengine etkisi

Aneminin non-invaziz teşhisi için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bir çalışmada akıllı telefon kamerası ve flaşı kullanarak anemi tanısı koyulabileceği gösterilmiştir (Wang, Li, Junyi Zhu, Rana, & Patel, 2017). Mannino ve arkadaşları (2018) tırnak rengi ve anemi arasında ilişki kurmuş ve tırnak görüntülerinden hemoglobin değerini hesaplayan bir uygulama geliştirmiştir. Bazı çalışmalarda ise konjonktiva görüntülerinden hemoglobin değerinin hesaplanabileceği gösterilmiştir (Suner, Crawford, McMurdy, & Jay, 2007; Park vd., 2020).

Menstrüal döngü takibi için birçok uygulama geliştirilmiştir, fakat bunlardan hiçbiri hastanın hemoglobin değerini hesaplayacak veya ölçecek yeterlilikte değildir. Akıllı telefon uygulamaları arasında kadınların menstrüasyon zamanını önceki döngülere göre tahmin edebilen, yoğunluğunu ve duygusal durumunu kullanıcıya yönelttiği sorularla analiz etmeyi hedefleyen özellikleri vardır. Bunun yanında kullanıcının hemoglobin değerini bilmesi anemi için risk oluşturan menstrüasyon dönemi uzunluğu ve şiddeti arasında ilişki kurabilen bir uygulama bulunmamaktadır.

3. Çözüm

Hemoglobin değerinin çok fazla düşmesiyle seyreden derin aneminin varlığı deneyimli doktorlar tarafından melanin pigmentinin bulunmadığı mukoza alanlarından saptanabilir. Bunun en büyük nedeni melanin pigmenti içermeyen alanlardaki renkten hemoglobin proteininin sorumlu olmasıdır. Hemoglobin proteininin miktarı ile melanin pigmenti içermeyen bölgelerdeki renklenme arasında ilişki kurulması aneminin non-invaziv olarak tespit edilebileceği fikrini ortaya çıkarmıştır. Bizim geliştirdiğimiz yapay zeka destekli akıllı telefon uygulamasıyla aneminin tespiti hastanın sağlık kuruluşuna başvurma gereksinimi ortadan kaldırabilir. Kullanıcı akıllı telefonuna AIGNOSE uygulamasını indirdikten sonra kullanıcı kaydı oluşturur. Sonrasında göz kapağını konjonktivasını açığa çıkaracak şekilde aşağıya çekerek hazırladığımız renk kalibrasyon kartıyla beraber gözünün fotoğrafını çeker. Renk kalibrasyon kartımız 24 renk ve dört adet ArUco'dan oluşmaktadır. Renk kalibrasyon kartındaki ArUco'lar sayesinde renk kalibrasyon kartı algılanacak ve üzerindeki renklerin



Şekil 2. Model geliştirme süreci

ortalama RGB değerleri hesaplanacaktır. Uygulamamız analizi konjonktiva bölgesinin rengine göre yapacağı için fotoğrafın çekildiği ortamın ışığından etkilenmemesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için renk kalibrasyon kartında algılanan renk bölgelerinin RGB değerlerinin ortalaması ve renk kutucuklarındaki ortalama RGB değerlerleri kullanılarak polinomal regresyon modeli geliştirilecektir. Bu model ile konjonktivanın gerçek RGB değerlerine ulaşılacaktır. Uygulama arka planla yapay zeka algoritmaları ile hemoglobin değerini hesaplayacak ve kullanıcıya bildirecektir. Böylelikle anemi tespiti için harcanacak bütçe, laboratuvar yoğunluğu ve kan tahlilinin farklı aşamalarında görev alacak sağlık çalışanlarının iş yükü azaltılmış olacaktır.

Düzenli hemoglobin ölçümünün hastalığın seyri açısından önem taşıdığı Akdeniz anemisi, orak hücreli anemi gibi hastalıklara sahip olan bireyler, anemi oluşturması bakımından risk taşıyan hamile anneler ve okul öncesi belirli aralıklarla hastaneye gidip kan vermeli ve hemoglobin seviyelerini belli değerler arasında tutmalıdırlar. Bu hastaların takibi iyi yapılamadığında hem hastaların yaşam kalitesi düşer hem de bu durum devlete ekonomik yük olarak yansır. Mevcut invaziv yöntemler kullanılarak sık tarama yapmak mümkün değildir. Fakat uygulamamızı kullanan bireyler hemoglobin takibini sağlık kuruluşuna gitmeden yapabilirler. Böylece hemoglobin değerleri referans aralığı dışına çıktığında erkenden sağlık kuruluşuna başvurarak aneminin yol açacağı olumsuz durumlardan etkilenmemiş olacaktır.

Şekil 3 Tasarladığımız renk kalibrasyon kartı

Üreme çağındaki kadınlar uygulamamız sayesinde menstrüal döngü takiplerini yapabileceklerdir. Döngü uzunlukları uygulama tarafından saptandıktan sonra normalin dışında seyreden durumlar kullanıcı tarafından uygulamaya kaydedilecek ve siklus uzunluğuna göre uygulama kullanıcıya çeşitli bildirimler gönderecektir.

4. Yöntem

Hemoglobin hesaplaması yapacak modelin geliştirilmesi için gerekli olan etik kurul izni alınmıştır. Proje kapsamında 449 katılımcının verisi toplanacaktır. Bilgisayarla görü konusunda çalışmaları olan yeni takım arkadaşımız segmentasyon ve regresyon modellerini geliştirmek amacıyla aramıza katılmıştır.

Proje kapsamında öncelikle geliştirdiğimiz telefon uygulaması ile veri toplama işlemi gerçekleştirilecektir. Katılımcılarımızdan invaziv yollarla kan alınarak hemoglobin değerleri hesaplanacaktır. Ayrıca katılımcıların kan verme sırasında konjonktivaları aşağı çekilerek göz fotoğrafları çekilecektir. Veri toplama işlemi sırasında farklı ışık altında çekilen fotoğrafların renk kalibrasyonu, tasarladığımız renk kalibrasyon kartı ve geliştirilen algoritma kullanılarak sağlanacaktır. Verilerin eldesi ve renk kalibrasyonu sonrasında konjonktiva bölgesini segmente

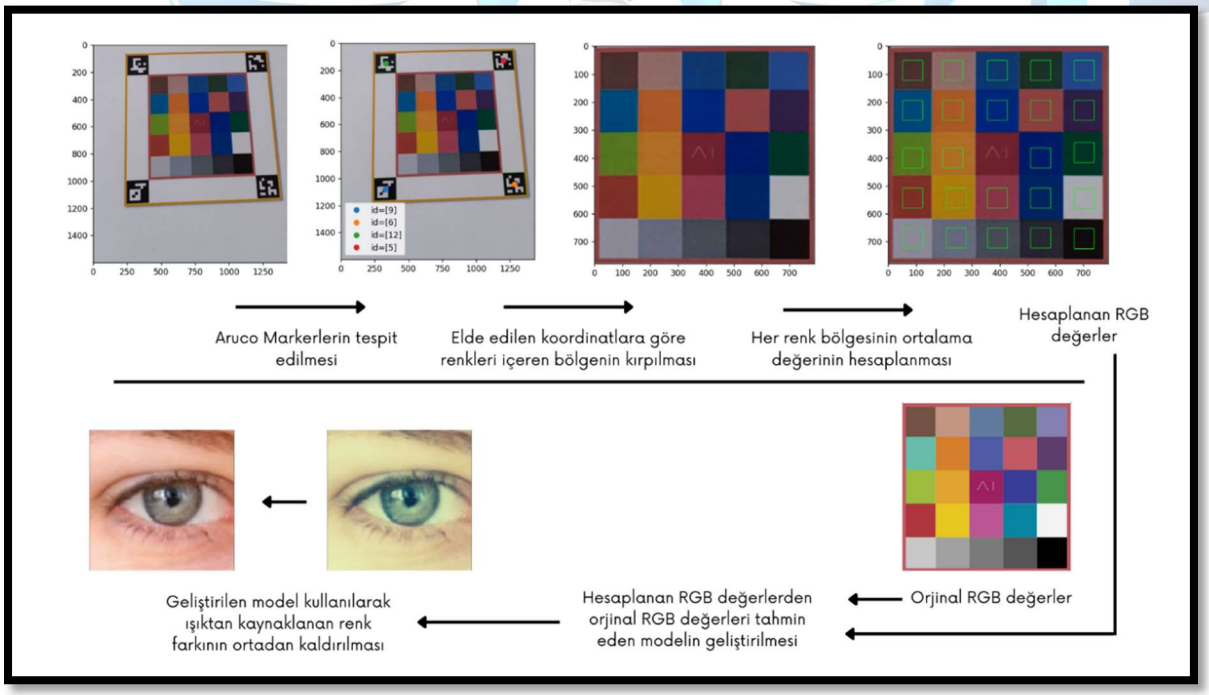
eden model geliştirilecektir. Segmente edilen konjonktiva bölgesi ve invaziv yollarla hesaplanan hemoglobin değerleri kullanılarak sadece konjonktiva bölgesi kullanılarak hemoglobin değeri hesaplayan regresyon modeli geliştirilecektir. Model geliştirme süreci Şekil 2'de gösterilmiştir. Yöntem basamakları başlıklar halinde açıklanacaktır.

Verilerin Eldesi

Flutter kullanılarak katılımcıların göz fotoğraflarını ve hemoglobin değerlerini sunucuya aktaran telefon uygulaması geliştirilmiştir. Verilerin güvenliğinin sağlanması için veriler Raspberry Pi kullanılarak oluşturulan yerel sunucuya aktarılacaktır. Telefon ve sunucu arasındaki iletişim yerel ağ kullanılarak sağlanacak olup veriler internet ortamına aktarılmadan kaydedilecektir. Katılımcıların kan verme işlemi sırasında renk kalibrasyon kartı kullanılarak göz fotoğrafları çekilir. Kan testleri sonuçlandıktan sonra uygulamaya girilerek ilgili fotoğrafın hemoglobin değeri kaydedilir. Bu şekilde veriler hem düzenli hem de güvenli bir şekilde kaydedilecektir.

Renk kalibrasyonu:

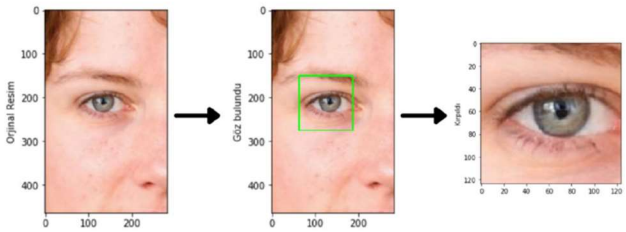
Renk kalibrasyonunun polinomal regresyon kullanılarak yapılabileceği gösterilmiştir (Finlayson et al., 2015). Projemizde tasarladığımız renk kalibrasyon kartı ve referans renkler kullanılarak geliştirilen polinomal regresyon modeli ile renk kalibrasyonu gerçekleştirilecektir. Öncelikle ArUco markerlar kullanılarak kalibrasyon kartı fotoğraf üzerinden kırpılacak ve düzleştirilecektir. Daha sonrasında her bir rengin ortalama RGB renk değeri hesaplanacak ve referans RGB değerleri kullanılarak gerçek renk değerlerini tahmin eden regresyon modeli geliştirilecektir. Geliştirilen regresyon modeli kullanılarak gözü de içeren fotoğrafın renk kalibrasyonu sağlanacaktır. Renk kalibrasyon aşamaları şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4 Renk kalibrasyonunun sağlanması

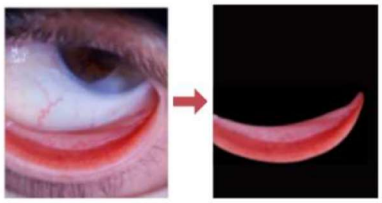
Konjonktiva Segmentasyonu

Fotoğraflarda göz içeren bölgeler, Python OpenCV HaarCascade göz sınıflandırıcısı kullanılarak tespit edilecektir. Tespit edilen göz dikdörtgen şekilde kırpılacaktır. Segmentasyon işlemleri bu kırpmanın ardından gerçekleştirilecektir.



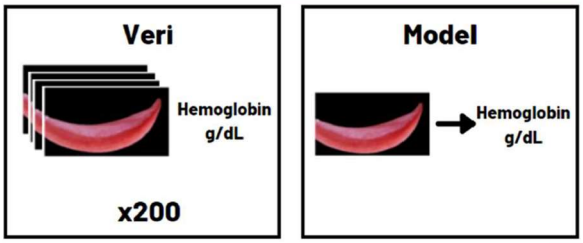
Şekil 5 Göz bölgesinin kırpılması

Renk kalibrasyonu ve ilgili bölgenin kırpılması sağlanan görüntünün melanin pigmentinden yoksun konjonktiva bölgesini kullanarak hemoglobin değerini hesaplaması hedeflenmektedir. Konjonktivanın segmente edilebildiği gösterilmiştir (Kasiviswanathan, Bai Vijayan, Simone, & Dimauro, 2020). Projemizde gerekli verilere ulaşılmasının ardından 100 görüntünün konjonktiva içeren bölgesi el ile segmente edilecek ardından elde edilen bu veriyle pix2pix modeli geliştirilecektir. Geliştirilen model ile şekil ‘de gösterildiği gibi çıktı elde edilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 6 Konjonktiva bölgesinin segmentasyonu

Hemoglobin Değerinin Hesaplanması



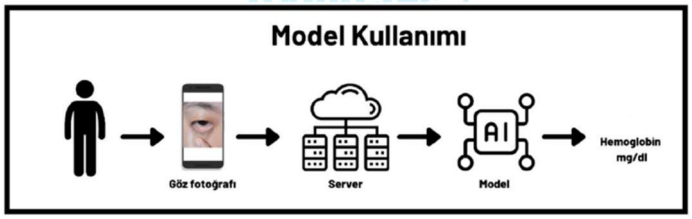
Şekil 7 Oluşturulan veri seti

Segmente edilen konjonktiva görüntüleri ve bu görüntülere ait invaziv olarak ölçülen hemoglobin değerleri ile veri seti oluşturulur.Makine öğrenmesi yöntemiyle konjonktivaya ait görüntülerden hemoglobin konsantrasyonunu g/dl cinsinden tahmin eden lineer regresyon modeli geliştirilecektir.

Modelin Değerlendirilmesi

Pearson korelasyonu iki sayısal ölçüm arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetinin ne olduğunu belirlemek için kullanılan istatistiksel yöntemdir. Çalışmamızda geliştirilecek hemoglobin ve bilirubin tahmini yapan lineer regresyon modellerinin çıktıları kan testi ile ölçülen gerçek değerleri ile karşılaştırılarak Pearson korelasyon katsayısı hesaplanacaktır ve bu katsayı ile çalışmanın anlamlılığı ortaya konulacaktır.

Model Kullanımı



Şekil 8 Model kullanımı

Geliştirilen modellerin anlamlılığın ortaya konması ve sonuçların makale olarak yayınlanması sonrası kullanıcıların hemoglobin değerlerini hesaplayabilecekleri telefon uygulaması olarak kullanıma sunulacaktır. Geliştirilen modeller kullanıcılardan gelen istekleri karşılayacak şekilde sunucuya aktarılacaktır. Bu şekilde kullanıcılar sadece konjonktivalarını aşağı çekerek hemoglobin değerlerini öğrenebilecek, hemoglobin değerlerini takip edebilecek ve bu değerin normal aralıkta olup olmadığına dair bilgiye ulaşabileceklerdir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Üreme çağındaki kadınların menstrüal döngü takibini yapan birçok uygulama bulunmaktadır. Menstrüal döngü takip uygulamalarının çoğu kullanıcıların girdiği menstrüal döngülerine ait; uzunluk, zamanlama, ruh hali, akıntı düzeyi gibi bilgileri kullanarak sonraki menstrüal döngülerine ait tahminlerde bulunma prensibine bağlı olarak çalışmaktadır.

Akıllı telefonların uygulama marketlerinde bulunan yerli ve yabancı geliştiriciler tarafından piyasaya sürülen uygulamalar arasında kullanıcıların hemoglobin değerlerini takip edebilen bir uygulama bulunmamaktadır. Uygulamamız hastanın hemoglobin değerlerini takip ederek hemoglobin değerlerinin aylara göre değişimini gösterebilmektedir. Normal değerlerden sapma olması durumunda olası patolojilerin erkenden teşhis edilebilmesi için uygulama tarafından kullanıcı hastaneye gitme yönünde uyaran bir bildirim alacaktır.

Günümüzdeki menstrual döngü takibi yapan uygulamalar hastanın anemisi olup olmaması konusunda herhangi bir bilgi sunmamaktadır. Uygulamamız birçok hastalıkla ilgili önceden fikir sahibi olmamızı sağlayan hemoglobin değerinin ölçülüp düzenli takip edilmesini kolaylaştırması ile bu alanda yenilikçi bir çözüm getirilmiş olunacaktır. Literatürde konjonktiva görüntüsü ile hemoglobin ölçümü ve anemi tespitinde tahmin yapan bir makine öğrenmesi algoritması geliştirilmesi üzerine çalışmalar bulunmaktadır fakat şu an aktif kullanılan bir uygulama mevcut değildir.(Mannino, 2018) Ayrıca yapılan çalışmalar incelendiğinde genelde hemoglobin tespiti ve anemi teşhisi üzerine bir yoğunlaşma bulunmaktadır. Bizim uygulamamız kadınların hamilelik ve menstrual döngüsünde hemoglobin takibi üzerine özelleşmiş bir uygulamadır. Hemoglobin değeri ölçme ve takibi üzerine yoğunlaşmış olmamız diğer çalışmaların aksine uygulanabilirliği arttırıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. (Wang, Li, Junyi Zhu, Rana, & Patel, 2017)

6. Uygulanabilirlik

Projemiz için geliştirdiğimiz uygulamadaki yapay zeka algoritmasının yüksek doğrulukla çalışması için hastalara ait konjonktiva görüntülerini ve hemoglobin değerlerini içeren bir veri setine ihtiyacımız vardı. Aldığımız etik kurul onayı ile birlikte veri toplama aşamasına geçmiş bulunmaktayız. Veri seti tamamlandıktan ve uygulama ve algoritmalarda gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra uygulamamız yüksek doğruluk oranlarıyla hemoglobin değerini tahmin edebilir hale gelecektir. Proje sürecinde karşıbileceğimiz riskler arasında KVKK'ya uygun iş modelinin geliştirilememesi, geliştirilen modelin çıktılarının anlamlı bulunamaması, konjonktiva bölgesinin istenilen doğrulukta segmente edecek modelin geliştirilememesi, göz içeren bölgenin Python OpenCV HaarCascade göz sınıflandırıcısı kullanılarak tespit edilememesi,ve renk kalibrasyon kartındaki ArUco markerların tanınamaması gibi riskler bulunmaktadır. Projede karşılaşabileceğimiz risklerle ilgili detayı bilgi ve getireceğimiz çözümler Riskler bölümünde detaylandırılmıştır. Bahsedilen riskler aşıldığı takdirde uygulamanın ticari bir iş modeli olarak uygulanabilir olması beklenmektedir. Halihazırda bulunan invazif yöntemlere göre çok daha kolay Hemoglobin değerlerini ölçmesi uygulanabilirliğini artırmaktadır.

Getirdiğimiz çözümün hastane masraflarını ve iş yükünü azaltma konusunda taşıdığı potansiyel çalışmamızın ticari bir ürüne dönüştürülmesinde ihtiyaç duyabileceği masrafların yatırımcılar tarafından karşılanabilmesini kolaylaştırmaktadır. Önümüzdeki BİGG destek programlarını takip ederek projemize ticari bir boyut kazandırmayı ve projemizin taşıdığı özgün değer sayesinde patent başvurusu yapmayı hedeflemekteyiz.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Hasta kayıtlarının, laboratuvar sonuçlarının ve göz fotoğraflarının güvenli bir ortamda depolanması için Raspberry Pi adlı cihazı satın alarak veri kaydetme işlemini bu cihaz üzerinde yapmayı hedeflemekteyiz. Rasbperry Pi cihazının güncel fiyatı 3100 Türk lirası civarlarında değişmektedir. Çalışmamız etik kurul onayı gerektirdiği için çalışmaya katılacak hastalardan aydınlatılmış onam belgelerinin çıktı olarak alınması bir başka bütçe gideri olarak karşımıza çıkmaktadır. Renk kalibrasyon kartının çıktı alınması ile birlikte basım maliyetleri yaklaşık 200 TL'dir. Veri eldesi sırasında harcayacağımız giderler toplamı 3300 TL olarak görünmektedir. İnvazif kan alma işlemi sırasında kullanılacak olan malzemeler ve cihazlar çalışmamızı yürüteceğimiz kurum tarafından karşılanacaktır. Bir faaliyet tabanlı maliyetleme çalışmasına göre hemogram ve total bilirubin ölçümünün birim maliyeti 639 TL olarak hesaplanmıştır (Aslan,2019). Buna göre uygulama kullanımının uzun vadede ucuz bir alternatif olarak kullanılacağı öngörülebilir.

Malzemeler	Bütçe Miktarı (TL)	Gerekçesi
Raspberry Pi	3100	Yerel sunucu kurularak verilerin güvenli olarak saklanması
Basım maliyeti	200	.Renk kalibrasyon kartı ve onam belgelerinin basımı
TOPLAM	3300	

Proje zaman planlaması ve ilgili olduğu yöntem başlığı tablo olarak verilmiştir.

İP No	İlgili Olduğu Yöntem Başlığı	İş Paketleri	Başarı Ölçütü	İş-Zaman Planı
1	**Verilerin Eldesi**	Veri eldesi sırasında kullanılacak telefon uygulamasının ve sunucunun geliştirilmesi	Veri eldesi sırasında katılımcıların verilerini düzenli şekilde kaydedebilecek uygulamanın geliştirilmesi	Ocak 22 -Mart 22
2	**Verilerin Eldesi**	Verilerin toplanması: Etik kuruldan onay alındıktan sonra Hematoloji kliniğine gelen, dahil edilme şartlarını sağlayan ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan katılımcıların göz fotoğrafları, hemogram ve biyokimya test sonuçlarının toplanması.	Etik kurul belgesinin alınması ve toplam 449 hastanın verilerinin kaydedilmesi	Mart 22 - Haziran 22
3	**Renk Kalibrasyonu**	Renk kalibrasyon kartı tasarlanması ve algoritmanın geliştirilmesi	Farklı ışık altında çekilen görüntülerin renk kalibrasyonunun yapılabilmesi	Haziran 22 - Temmuz 22
4	**Konjonktiva Segmentasyonu**	Segmentasyon modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesi: Fotoğraftaki göz sınıflandırıcısı konjonktiva bölgesini segmente edecek modelin geliştirilmesi ve başarısının test edilmesi.	Elde edilen görüntülerden ilgili bölgelerin başarılı şekilde segmente edilmesi.	Haziran 22 - Temmuz 22
5	**Hemoglobin Değerinin Hesaplanması**	Alınan veriler ile göz fotoğrafından hemoglobin ölçümü yapacak linear regresyon modellerinin geliştirilmesi.	Modelin aşırı öğrenme veya yanlı öğrenme olmadan başarılı şekilde eğitilmesi	Haziran 22 - Temmuz 22
6	**Modelin Değerlendirilmesi**	Geliştirilen modelin sonuçlarının anlamlı olup olmadığının test	Segmente edilen görüntülerden tahmin edilen hemoglobin	Haziran 22 - Temmuz 22

		edilmesi.	değerlerinin gerçek değerler ile anlamlı şekilde korele olması	
7	**Model Kullanımı**	Modelin tüm kullanıcıların kullanabileceği telefon uygulamasına dönüştürülmesi	Telefon uygulamasının geliştirilerek uygulama mağazalarında yayınlanması	Haziran 22 - Temmuz 22

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Üreme Çağındaki ve Hamile Kadınlar

Üreme çağındaki kadınlarda ve hamile kadınlarda anemi sık görülen bir halk sağlığı sorunudur. (Dünya Sağlık Örgütü, 2015). Dünya Sağlık Örgütü'nün 2011 yılı global anemi sıklığı verilerine göre Türkiye'de anemi özellikle okul öncesi çocukları, üreme çağındaki kadınları ve hamile kadınları etkileyen orta dereceli bir halk sağlığı sorunudur (Dünya Sağlık Örgütü, 2015).

Demir eksikliği anemisi, dünya çapında ve çoğu popülasyonda aneminin baskın nedenidir (Kassebaum & GBD 2013 Anemia Collaborators, 2016). Yaşamın erken dönemlerinde demir eksikliği bilişsel işlevleri ve psikomotor gelişimi olumsuz etkilemektedir. Demir eksikliği beyin yapılarının gelişimini aksatabilir, nörotransmitter homeostazını bozabilir, miyelinizasyonu azaltabilir ve akut beyin işlev bozukluğuna yol açabilir (Georgieff, 2008).

Talasemi Hastaları

Talasemi alt türlerinden olan ve Akdeniz anemisi olarak da bilinen Beta talasemi, anne ve babadan çocuklara kalıtsal olarak geçen, önlenebilir bir kan hastalığıdır. Beta talasemi hastalığı ağır, tedavi düzgün sürdürülmezse yaşam süresini belirgin şekilde kısaltan ve yaşam kalitesini oldukça olumsuz etkileyen bir hastalıktır. Hastalığın tedavisi zor ve maliyetlidir. Talasemi, dünyada Türkiye'nin de aralarında bulunduğu Akdeniz ülkelerinde sıkça görülen bir hastalıktır. Her yıl ortalama 365.000 talasemi hastası dünyaya gelmektedir. Türkiye'de ise ortalama 4500 talasemi hastası bulunmaktayken 1.300.000 kişinin bu hastalığın taşıyıcısı olduğu bilinmektedir (Türk Hematoloji Derneği, 2019).

Ağır Menstrual Kanaması Olan Kadınlar

100 kadından yaklaşık 9 ila 14'ü ağır menstruasyon dönemlerine sahiptir. 7 günden fazla veya normal miktardan fazla miktarda kanama olması ağır menstrual kanama veya meneroji olarak isimlendirilir.

Bir kadın adet döneminde çok fazla kan kaybederse, bu durum demir eksikliğine yol açabilir. Vücutta yeterince demir yoksa, yeterince kırmızı kan hücresi üretemez ve bu da kansızlığa yol açar (Heavy periods: Overview, 2017).

Kırmızı kan hücreleri, kan dolaşımı yoluyla vücudun organlarına oksijen taşır. Kanımızda kırmızı kan hücresi eksikliği varsa, vücudumuz daha az oksijen alır, bu da kendimizi zayıf ve yorgun hissetmemize neden olur. Diğer anemi belirtileri arasında soluk bir ten ve soğuk eller ve ayaklar bulunur. Daha şiddetli anemi, özellikle yorucu fiziksel aktiviteyi takiben nefes alma güçlüğü ve kalp çarpıntısı gibi başka semptomlara da neden olabilir.

Dünyada okul öncesi çocuklar ve üreme çağındaki kadınlar anemiden özellikle etkilenen gruplardır. Bu nedenlerle üreme çağındaki kadınlar, hamile bireyler, ağır menstrual kanama geçiren kadınlar talasemi hastası kadınlar projemizin hedef kitlesini oluşturmaktadır. Fakat uygulamamızın ara yüzü anemisi olup olmadığını öğrenmek isteyen herkes için kullanılabilir bir formatta hazırlanacaktır. Böylece genel popülasyonda anemi olup olmadığı kan testlerine

gerek kalmadan saptanabilecek ve yukarıda saydığımız anemi oluşması bakımından riskli grupların sıkı takibi kolaylıkla yapılabilir olacaktır.

9. Riskler

İş paketleri ile ilişkilendirilen riskler tablo olarak gösterilmiştir. Olası riskler 5x5 olasılık etki matriksine (Kovačević et al., 2019) göre hesaplanmıştır. Olası riskler etkilerine göre renklendirilmiştir.

İP No	Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)	Risk Matrisi Puanı
7	KVKK'ya uygun iş modelinin geliştirilememesi	Hukuksal danışmanlık alınması	Gerçekleşme olasılığı 4 Projeye etkisi 5 Puan = 20 (ÇOK)
6	Geliştirilen modelin çıktılarının anlamlı bulunmaması	Geliştirilen modelin çıktılarının anlamlı bulunmaması halinde çalışma yeniden düzenlenecek ve katılımcı sayısı artırılarak ve tekrar etik kurul onayı alınarak veri toplama sürecine devam edilecektir.	Gerçekleşme olasılığı 3 Projeye etkisi 5 Puan = 15 (ORTA)
4	Konjonktiva bölgesinin istenilen doğrulukta segmente edilecek modelin geliştirilememesi	100 katılımcının verisi segmentasyon modeli geliştirilmesi için el ile segmente edilecektir. El ile segmente edilen veri sayısı artırılarak segmentasyon modelinin başarısı artırılabilir	Gerçekleşme olasılığı 3 Projeye etkisi 4 Puan = 12 (ORTA)
4	Göz içeren bölgelerin Python OpenCV HaarCascade göz sınıflandırıcısı kullanılarak tespit edilememesi.	Literatürde derin öğrenme modelleri kullanılarak göz içeren bölgenin tespit edilmesine yönelik modeler bulunmaktadır. OpenCV kütüphanesi istenilen doğrulukta çalışmaz ise derin öğrenme modeli geliştirilecektir.	Gerçekleşme olasılığı 3 Projeye etkisi 3 Puan = 9 (AZ)
3	Renk kalibrasyonu kartındaki ArUco markerların tanınamaması	Renk kalibrasyon kartının tekrar tasarlanması	Gerçekleşme olasılığı 2 Projeye etkisi 4 Puan = 8 (AZ)

10. Kaynaklar

-Aslan, T. (2019). FAALİYET TABANLI MALİYETLEME: HASTANE İŞLETMESİ UYGULAMASI. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20(1), 149-163.

-CDC. (2019, March 12). *Heavy menstrual bleeding*. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/ncbddd/blooddisorders/women/menorrhagia.html

-Georgieff, M. K. (2008). The role of iron in neurodevelopment: fetal iron deficiency and the developing hippocampus. Biochemical Society Tra nsactions, 36(Pt 6), 1267–1271. doi:https://doi.org/10.1042/BST0361267

-InformedHealth.org [Internet]. Cologne, Germany: Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG); 2006-. Heavy periods: Overview. [Updated 2017 May 4]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279294/

-Kassebaum, N. J., & GBD 2013 Anemia Collaborators. (2016). The Global Burden of anemia. Hematology/Oncology Clinics of North America, 30(2), 247 – 308. doi: https://doi.org/10.1016/j.hoc.2015.11.002

-Kovačević, N., University of Defense, Military Aacademy, Belgrade, Stojiljković, A., Kovač, M., University of Novi Sad, Faculty of Economics, Subotica, & "Educons" University, Faculty for Project and Innovation Management, Belgrade. (2019). Application of the matrix approach in risk assessment. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2(3), 55–64. https://doi.org/10.31181/oresta1903055k

-Lanier, J. B., Callahan, R. C. (2018). Anemia in older adults. *American Family Physician*, *98*(7), 437–442. Park, J. J., &

-Lin, J. Y., & Fisher, D. E. (2007). Melanocyte biology and skin pigmentation. Nature, 445(7130), 843–850. https://doi.org/10.1038/nature05660

-Mannino, R. G., Myers, D. R., Tyburski, E. A., Caruso, C., Boudreaux, J., Leong, T., … Lam, W. A. (2018). Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patientsourced photos. Nature Communications, 9(1), 4924. doi: https://doi.org/10.1038/s41467-018-07262-2

-Mariakakis, A., Banks, M. A., Phillipi, L., Yu, L., Taylor, J., & Patel, S. N. (2017). BiliScreen: Smartphone-based scleral jaundice monitoring for liver and pancreatic disorders. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, *1*(2), 1–26. doi:http://dx.doi.org/10.1145/3090085

-(N.d.). Semanticscholar.Org. Retrieved June 10, 2022, from https://www.semanticscholar.org/paper/Detection-of-anemia-from-image-of-the-anterior-of-Tamir-Jahan/4cbe9f69f556dc0cb1e3bc0280b41dac19e16491

-(Suner, Crawford, McMurdy, & Jay, 2007; Park vd., 2020). Color Correction Using Root-Polynomial Regression | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore

-Thiyagarajan, D. K., Basit, H., & Jeanmonod, R. (2022). *Physiology, Menstrual Cycle*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29763196/

-Türk Hematoloji Derneği. (2019). Akdeniz Anemisi (Beta Talasemi) Taşıyıcılığı ve Hastalığı. Erişim Tarihi: 10.06.2021. https://www.thd.org.tr/thd_halk/?sayfa=akdeniz_anemisi

-Wang, E. J., Li, W., Junyi Zhu, Rana, R., & Patel, S. N. (2017). Noninvasive hemoglobin measurement using unmodified smartphone camera and white flash. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2017, 2333–2336. doi: https://doi.org/10.1109/EMBC.2017.8037323

-Wallerstein, R. O., Jr. (1987). Laboratory evaluation of anemia. *The Western Journal of Medicine*, *146*(4), 443–451

-World Health Organization. (2015). The Global Prevalence of Anaemia in 2011. WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/177094/ 1/9789241564960_eng.pdf