

Mobil Telefon ile Çekilmiş Resimlerle Yapay Zeka Destekli Cilt Analizi Uygulaması Geliştirme Makalesi

Kerem Karayız UID/120522 kerem.fyi

1. Giriş: Mobil Cilt Analizinde Yapay Zekanın Yükselişi

Mobil sağlık uygulamalarının artan yaygınlığı günümüzde dikkat çekmektedir. Özellikle sağlık ve güzellik alanlarında yapay zeka (YZ) destekli tanı araçlarına olan ilgi giderek artmaktadır. Mobil telefon kameralarıyla çekilen görüntüler kullanılarak YZ tabanlı cilt analizi yapabilen bir uygulama geliştirmek, bu alanda umut vadeden bir yenilik olarak ortaya çıkmaktadır.¹ Bu tür bir uygulama, kullanıcılara erken teşhis, kişiselleştirilmiş cilt bakımı önerileri ve kolaylık gibi çeşitli avantajlar sunma potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda sağlık profesyonelleri için de ön değerlendirme ve hasta takibi gibi alanlarda değer yaratabilir.³ Bu rapor, söz konusu uygulamanın geliştirilmesi için izlenmesi gereken adımları detaylı bir şekilde inceleyecektir.

Mobil cihazların yüksek kaliteli kameralarla donatılması ve YZ ile makine öğrenimi alanlarındaki ilerlemeler, sofistike mobil cilt analizi araçlarının geliştirilmesi için uygun bir zemin oluşturmaktadır. Bu eğilim, tüketicilerin proaktif sağlık yönetimi ve kişiselleştirilmiş güzellik çözümlerine olan artan ilgisiyle daha da güçlenmektedir. Yüksek çözünürlüklü mobil kameralar, analiz için yeterli görüntü detayını yakalamayı mümkün kılmaktadır. YZ algoritmaları, özellikle tıbbi görüntüleme alanında, görüntü tanıma görevlerinde giderek daha doğru hale gelmektedir. Tüketiciler, sağlık ve zindelik için mobil uygulamaları kullanma konusunda daha rahat hale gelmiştir. Bu nedenle, bu faktörlerin birleşimi önemli bir fırsat sunmaktadır.

Ancak, bu potansiyel önemli olmakla birlikte, böyle bir uygulamanın geliştirilmesi, tıbbi verilerle ilgili teknik zorlukların, düzenleyici gerekliliklerin ve etik sonuçların dikkatli bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir. Cilt analizi, özellikle potansiyel tıbbi durumlar için, sağlık alanına girmektedir. Sağlık uygulamaları katı düzenlemelere tabidir (örneğin, GDPR, HIPAA). YZ modellerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak, yanlış teşhisi önlemek ve kullanıcı güvenliğini korumak için hayati önem taşımaktadır.

2. Uygulama Gereksinimlerini Anlama: Kapsam ve İşlevselliği Tanımlama

Uygulamanın temel işlevleri arasında mobil telefon kamerası veya galeriden görüntü yakalama ve işleme yer almalıdır. Ardından, YZ destekli analiz ile görüntüdeki cilt durumları belirlenmeli ve akne, kırışıklıklar, lekeler, benler gibi belirli cilt sorunları tanımlanmalıdır. Uygulama, belirli durumlar (örneğin, cilt kanseri) için potansiyel risk

değerlendirmesi sunabilir ve analiz sonuçlarına göre kişiselleştirilmiş cilt bakımı önerilerinde bulunmalıdır. Ayrıca, görüntü geçmişi aracılığıyla cilt değişikliklerinin zaman içinde takibi de mümkün olmalıdır.³

Uygulamanın hedef kullanıcı grupları genel tüketiciler, cilt bakımı profesyonelleri ve tıp uzmanları olabilir. Uygulamanın özellikleri ve tasarımı her grubun özel ihtiyaçlarına göre şekillendirilebilir.³ Cilt analizinde doğruluk, özellikle uygulama herhangi bir risk değerlendirmesi sunmayı amaçlıyorsa, büyük önem taşımaktadır. YZ'nin sınırlamaları ve profesyonel tıbbi tavsiye konusunda uyarıların gerekliliği de göz önünde bulundurulmalıdır.⁶ Mobil kullanıcılar için kullanıcı dostu ve sezgisel bir arayüz gerekliliği vurgulanmalıdır. Görüntü yakalama kolaylığı, analiz sonuçlarının netliği ve erişilebilirlik gibi hususlar dikkate alınmalıdır.

Uygulamanın işlevselliği farklı kullanıcı gruplarına göre kademelendirilebilir. Örneğin, tüketiciler için temel analizler sunulurken, cilt bakımı uzmanları ve tıp pratisyenleri için profesyonel iş akışlarına entegrasyon potansiyeli olan daha ayrıntılı özellikler sunulabilir. Yüksek doğruluk hedeflenirken, YZ'nin yetenekleri ve sınırlamaları hakkında şeffaflık ve açık sorumluluk reddi beyanları, sorumlu dağıtım ve kullanıcı güveni için esastır. YZ'nin sağlık alanında profesyonel tıbbi tavsiyenin yerini almadığı açıkça belirtilmelidir. Uygulamanın ön değerlendirme ve bilgi aracı olarak rolünü net bir şekilde iletmek, kullanıcı beklentilerini yönetmek ve potansiyel zararları önlemek için hayati önem taşır.

3. Temel Teknik Bileşenler: Veri, YZ Modelleri ve Mobil Entegrasyon

3.1. Veri Toplama ve Ön İşleme

YZ modelini eğitmek için çeşitli cilt durumlarına ait karşılık gelen etiketlere sahip geniş ve çeşitli bir görüntü veri kümesine ihtiyaç vardır. ISIC Archive, HAM10000 ve Dermnet gibi kamuya açık veri kümeleri kullanılabilir. Farklı cilt tipleri, etnik kökenler ve durumlar açısından veri çeşitliliğinin sağlanması, farklı kullanıcı demografileri arasında adil ve doğru analiz için önemlidir.¹ Mobil telefon kameralarından kaynaklanan görüntü kalitesindeki farklılıklar nedeniyle görüntü yeniden boyutlandırma, normalleştirme, artırma gibi gerekli adımlar uygulanmalıdır.¹⁹ Eğitim verilerindeki cilt durumlarının doğru ve tutarlı bir şekilde etiketlenmesi, potansiyel olarak uzman dermatolojik girdisi gerektirir.¹

Veri kümesi seçimi, uygulamanın doğruluğunu ve genellenebilirliğini önemli ölçüde etkiler. Çeşitli, yüksek kaliteli veri kümelerinin bir kombinasyonunu kullanmak ve potansiyel olarak yeni toplanan, anonimleştirilmiş kullanıcı verileriyle bunları artırmak,

daha sağlam bir model oluşturabilir. YZ modelleri, eğitildikleri verilerden öğrenir. Yanlı veya sınırlı bir veri kümesi, yanlı veya sınırlı bir modelle sonuçlanır. Bu nedenle, eğitim verilerinin dikkatli seçimi ve hazırlanması kritik öneme sahiptir. Ön işleme adımları, YZ modelinin tutarlı ve standartlaştırılmış girdi almasını sağlayarak öğrenmesini ve performansını iyileştirmesini iyileştirmek için çok önemlidir. Mobil telefon görüntü kalitesindeki (aydınlatma, açı, odak) farklılıkların ele alınması gerekir. Ön işleme, bu farklılıkların etkilerini azaltmaya ve modelin ilgili özelliklere odaklanmasını sağlamaya yardımcı olur.

3.2. YZ Model Geliştirme

Görüntü sınıflandırma görevleri için ResNet, Inception, EfficientNet gibi Evrimsel Sinir Ağları (CNN'ler) gibi uygun derin öğrenme modelleri kullanılabilir. Vizyon Dönüştürücüler (ViT'ler) alternatif bir mimari olarak düşünülebilir.² Hazırlanan veri kümesi kullanılarak seçilen modelin eğitilmesi, transfer öğrenimi, hiperparametre ayarlaması ve sınıf dengesizliğinin ele alınması gibi kavramları içerir.² Hızı ve gizliliği artırmak için TensorFlow Lite veya Core ML gibi çerçeveler kullanılarak YZ modelinin doğrudan mobil cihazda (uç YZ) çalıştırılması olasılığı değerlendirilebilir. Alternatif olarak, görüntüler analiz için bir sunucuya gönderildiği bulut tabanlı bir yaklaşım da düşünülebilir. Uç YZ kullanılıyorsa, sınırlı hesaplama kaynaklarına sahip mobil cihazlar için modeli optimize etme teknikleri (örneğin, nicemleme, budama) açıklanmalıdır.²¹

Uç YZ ve bulut tabanlı YZ arasındaki seçim, modelin karmaşıklığı, gerçek zamanlı analiz ihtiyacı, kullanıcı gizliliği endişeleri ve hedef mobil cihazların hesaplama yetenekleri gibi faktörlere bağlıdır. Uç YZ, verilerin cihazdan ayrılmaması nedeniyle daha hızlı işleme ve gelişmiş gizlilik gibi avantajlar sunar. Ancak, optimize edilmiş ve potansiyel olarak daha az karmaşık modeller gerektirir. Bulut tabanlı YZ, daha karmaşık modellere izin verir, ancak gecikme ve veri aktarım gereksinimlerini beraberinde getirir. Geniş veri kümeleri üzerinde önceden eğitilmiş modelleri (ImageNet gibi) kullanmak ve bunları cilt görüntüsü verileri üzerinde ince ayar yapmak olan transfer öğrenimi, gereken veri miktarını ve eğitim süresini önemli ölçüde azaltarak daha iyi performansa yol açabilir. Derin öğrenme modellerini sıfırdan eğitmek büyük miktarda veri ve hesaplama kaynağı gerektirir. Transfer öğrenimi, modellerin ilgili görevlerde öğrendiği özellikleri kullanarak süreci daha verimli hale getirir.

3.3. Mobil Uygulama Entegrasyonu

Hedef mobil platform(lar)ı seçme konusunda dikkat edilmesi gerekenler tartışılmalıdır (iOS ve/veya Android). Eğitilmiş YZ modelinin (uç veya bulut tabanlı) platforma özgü SDK'lar ve API'ler kullanılarak mobil uygulamaya nasıl entegre edileceği açıklanmalıdır.

Uç YZ için Core ML (iOS için) ve TensorFlow Lite (Android için) kullanımı tartışılmalıdır. Bulut YZ için, YZ modelini barındıran bir arka uç sunucusuyla iletişim kurmak için REST API'lerinin kullanımı tartışılmalıdır.³¹ Görüntü analizi için mobil telefonun kamerasına nasıl erişileceği açıklanmalıdır. iOS ve Android'de kamera işlevselliği için kütüphaneler ve API'ler belirtilmelidir.³⁸ Görüntü yakalamaya, analiz sonuçlarını görüntülemeye ve öneriler sunmaya olanak tanıyan kullanıcı arayüzünün geliştirilmesi tartışılmalıdır.

Flutter veya React Native gibi çapraz platform geliştirme çerçeveleri, uygulamanın hem iOS hem de Android için eş zamanlı olarak geliştirilmesi için düşünülebilir, bu da potansiyel olarak geliştirme süresinden ve kaynaklarından tasarruf sağlayabilir.³⁹ Bu SDK'lar, makine öğrenimi modellerini mobil uygulamalara entegre etmenin bazı karmaşıklıklarını soyutlayan üst düzey API'ler sağlar.

4. Detaylı Geliştirme Yol Haritası: Adım Adım Kılavuz

Geliştirme yol haritası, pazar araştırması ve rakip analizi³ ile başlamalıdır. Ardından, belirli uygulama özellikleri ve hedef kitle tanımlanmalıdır. UI/UX tasarımı için tel çerçeveler ve taslaklar oluşturulmalıdır. Teknik fizibilite çalışması ve platform seçimi yapılmalıdır. YZ model geliştirme ve eğitimi aşamasında uygun cilt görüntü veri kümeleri seçilmeli ve edinilmelidir.¹ Veri ön işleme, temizleme ve etiketleme adımları gerçekleştirilmelidir. YZ model mimarisi seçilmeli ve uygulanmalıdır.² Model, uygun teknikler kullanılarak eğitilmelidir.² Model performansı, ilgili metrikler kullanılarak değerlendirilmelidir.⁷⁹ Model, hedef dağıtım (uç veya bulut) için optimize edilmeli ve sıkıştırılmalıdır.³¹ Mobil uygulama geliştirme aşamasında, seçilen platform(lar) için geliştirme ortamı kurulmalıdır. Tasarımlara göre UI ve UX uygulanmalıdır. Kamera işlevselliği entegre edilmelidir.³⁸ YZ modeli entegre edilmelidir.³¹ Kullanıcı geçmişi ve tercihleri için veri depolama uygulanmalıdır. Test ve doğrulama aşamasında, çeşitli cihazlarda ve senaryolarda kapsamlı testler yapılmalıdır. YZ analizinin doğruluğu ve güvenilirliği doğrulanmalıdır.⁸⁴ Kullanıcı kabul testi (UAT) gerçekleştirilmelidir. Dağıtım ve bakım aşamasında, uygulama uygulama mağazalarında yayınlanmaya hazırlanmalıdır. Performans ve hata takibi için izleme ve günlük kaydı uygulanmalıdır. Yeni verilerle sürekli bakım, güncellemeler ve potansiyel model yeniden eğitimi planlanmalıdır.

Aşamalı bir yaklaşım, yinelemeli geliştirmeye olanak tanır; her aşama bir önceki üzerine inşa edilir ve potansiyel sorunların erken tanımlanmasını ve çözülmesini sağlar. Karmaşık geliştirme sürecini her biri net hedefleri ve çıktıları olan yönetilebilir aşamalara ayırmak, organizasyonu iyileştirir ve proje başarısızlığı riskini azaltır. Geliştirme yaşam döngüsü boyunca sürekli test ve doğrulama, özellikle sağlıkla ilgili bir uygulama için, uygulamanın gerekli doğruluk ve güvenilirlik standartlarını karşılamasını

sağlamak için çok önemlidir. Erken ve sık test, büyük sorunlar haline gelmeden hataları ve performans sorunlarını belirlemeye yardımcı olur. Doğrulama, YZ modelinin gerçek dünya senaryolarında beklediği gibi performans gösterdiğini garanti eder.

5. Teknoloji Yığını ve Platform Seçimleri: Doğru Araçları ve Altyapıyı Seçme

Mobil geliştirme için native geliştirme (iOS için Swift, Android için Kotlin/Java) veya çapraz platform çerçeveleri (Flutter, React Native) kullanılabilir.³⁹ YZ model geliştirme ve eğitimi için Python, derin öğrenme çerçeveleri (TensorFlow, PyTorch) ve bulut platformları (Google Cloud AI Platform, Amazon SageMaker, Azure Machine Learning) tercih edilebilir.⁴⁰ Uç YZ entegrasyonu için Core ML (iOS için)²⁸ ve TensorFlow Lite (Android için)²¹ kullanılabilir. Bulut YZ kullanılıyorsa, arka uç altyapısı için bulut sağlayıcıları (AWS, Google Cloud, Azure), sunucusuz işlevler (AWS Lambda, Google Cloud Functions, Azure Functions) ve API geliştirme çerçeveleri (Flask, Django, Node.js) düşünülebilir.

Teknoloji yığını seçimi, geliştirme ekibinin uzmanlığı, proje gereksinimleri (performans, ölçeklenebilirlik) ve bütçe ile uyumlu olmalıdır. Farklı teknolojilerin farklı güçlü ve zayıf yönleri vardır. Doğru araçları seçmek, geliştirme sürecini ve nihai ürünü önemli ölçüde etkileyebilir. Bulut sağlayıcılar üzerindeki yönetilen YZ platformlarının kullanılması, karmaşık YZ modellerinin eğitilmesi ve dağıtılması sürecini basitleştirerek ölçeklenebilirlik ve maliyet etkinliği sunabilir. Bulut YZ platformları, makine öğrenimi için önceden yapılandırılmış ortamlar, araçlar ve altyapı sağlayarak bu kaynakları manuel olarak yönetme yükünü azaltır.

6. Veri Gizliliği ve Uyumluluğu: Yasal ve Etik Standartları Sağlama

Avrupa Birliği kullanıcılarını hedefliyorsanız GDPR ve ABD'deki hastaların Korunan Sağlık Bilgilerini (PHI) ele alıyorsanız HIPAA gibi veri gizliliği düzenlemelerine uyumun önemi tartışılmalıdır.⁵⁵ Görüntüler dahil olmak üzere herhangi bir kişisel veya sağlıkla ilgili verinin toplanması ve işlenmesi için açık kullanıcı onayı almanın gerekliliği açıklanmalıdır. Veri minimizasyonu ve amaç sınırlaması ilkeleri vurgulanmalıdır.⁶¹ Kullanıcı verilerini yetkisiz erişime, ihlallere ve kötüye kullanıma karşı korumak için güçlü güvenlik önlemlerinin uygulanması, hem dinlenirken hem de aktarım sırasında şifreleme dahil olmak üzere tartışılmalıdır.⁵⁵ Model iyileştirme veya araştırma için kullanıcı tarafından sağlanan görüntüler kullanılıyorsa, kullanıcı gizliliğini korumak için verileri anonimleştirme veya kimliksizleştirme teknikleri (örneğin, meta verileri kaldırma, tanımlayıcı özellikleri maskeleyme) açıklanmalıdır.⁶⁵ Kullanıcılara veri işleme uygulamaları hakkında bilgi veren açık ve kapsamlı gizlilik politikaları ve hizmet şartlarının gerekliliği vurgulanmalıdır.⁶⁹ Uygulama, bir kapsanan kuruluş adına PHI'yi ele alacaksa, bir iş

Ortağı Anlaşması (BAA) gereklilikleri tartışılmalıdır.⁵⁹

Veri gizliliği düzenlemelerine uyum yalnızca yasal bir gereklilik değil, aynı zamanda kullanıcı güvenini oluşturmak ve uygulamanın etik kullanımını sağlamak için de çok önemlidir. Kullanıcılar, özellikle sağlık verileri söz konusu olduğunda, gizlilikleri konusunda giderek daha fazla endişe duymaktadır. Düzenlemelere uymak ve güçlü gizlilik uygulamalarını uygulamak, uygulamanın itibarını ve kullanıcı benimsemesini artırabilir. Geliştirmenin başından itibaren gizlilik tasarımı ilkelerini uygulamak, gizlilik önlemlerini daha sonra eklemeye çalışmaktan daha etkilidir. Veri toplama, depolama ve işleme dahil olmak üzere geliştirme sürecinin her aşamasında gizlilik sonuçlarını dikkate almak, daha güvenli ve uyumlu bir uygulama oluşturmaya yardımcı olur.

7. Temel Zorluklar ve Azaltma Stratejileri: Geliştirmedeki Potansiyel Engelleri Ele Alma

YZ modelini eğitmek için yeterince büyük ve çeşitli bir veri kümesi elde etmek zor olabilir. Verilerdeki önyargı, belirli kullanıcı grupları için yanlış veya adaletsiz analizlere yol açabilir. Azaltma stratejileri arasında kamuya açık veri kümelerinden yararlanmak, veri artırma tekniklerini keşfetmek ve veri toplama için işbirliklerini düşünmek yer alır. Cilt tipleri ve etnik kökenler açısından veri çeşitliliğine öncelik verilmelidir.¹² Mobil telefon görüntülerinden cilt durumu analizinde yüksek doğruluk elde etmek, görüntü kalitesindeki farklılıklar ve bazı cilt durumlarının ince yapısı nedeniyle teknik olarak zorlayıcı olabilir. Azaltma stratejileri arasında son teknoloji derin öğrenme modellerini kullanmak, transfer öğrenimini kullanmak, modelleri titizlikle ince ayarlamak ve sağlam doğrulama stratejileri uygulamak yer alır. YZ analizinin sınırlamaları hakkında açık sorumluluk reddi beyanları sunulmalıdır.²² Sınırlı hesaplama kaynaklarına sahip mobil cihazlarda karmaşık YZ modellerini çalıştırmak performansı (hız, pil ömrü) etkileyebilir. Azaltma stratejileri arasında nicemleme ve budama gibi teknikler kullanarak modelleri uç cihazlar için optimize etmek yer alır. Daha basit modelleri uç dağıtım için düşünmek veya karmaşık analizleri buluta yüklemek de bir seçenektir.³¹ Veri gizliliği ve sağlık düzenlemelerinin (GDPR, HIPAA) karmaşık ortamında gezinmek zorlayıcı olabilir ve ayrıntılara dikkat gerektirir. Azaltma stratejileri arasında hukuk danışmanlığı almak ve veri gizliliği ve sağlık uyumluluğu konusunda uzmanlara danışmak yer alır. En başından itibaren sağlam güvenlik ve gizlilik önlemleri uygulanmalıdır.⁵⁵ YZ destekli bir tanı aracına kullanıcı güveni kazanmak ve benimsemeyi teşvik etmek zor olabilir, özellikle sağlık alanında. Azaltma stratejileri arasında YZ'nin yetenekleri ve sınırlamaları hakkında şeffaflık sağlamak yer alır. Kullanıcı dostu bir arayüz ve net, anlaşılır sonuçlar sunulmalıdır. Uygulamanın profesyonel tıbbi tavsiyenin yerine geçmediği vurgulanmalıdır.⁷³

Zorlukları proaktif bir şekilde ele almak, dikkatli planlama, sağlam teknik uygulama ve etik ve düzenleyici hususlara güçlü bir odaklanma, uygulamanın başarılı bir şekilde geliştirilmesi ve dağıtılması için çok önemlidir. Potansiyel engelleri geliştirme sürecinin başlarında belirlemek, azaltma stratejilerinin uygulanmasına olanak tanır, gecikme riskini azaltır ve daha sağlam bir nihai ürün sağlar.

8. Gelecek Eğilimler ve Potansiyel Geliştirmeler: Uygulamanın Evrimini Keşfetme

Sürekli cilt izleme ve veri toplama için giyilebilir cihazlarla entegrasyon olasılığı keşfedilebilir.⁷⁴ Görüntü verilerini kullanıcı girdisi veya çevresel veriler gibi diğer bilgilerle birleştiren çok modlu analiz gibi daha gelişmiş YZ tekniklerini dahil etmek düşünülebilir. Veri gizliliğini korurken işbirlikçi model eğitimi için federatif öğrenme kullanımı araştırılabilir.⁷⁵ Uygulamanın analizine dayalı olarak dermatologlarla uzaktan konsültasyonları kolaylaştırmak için teletıp platformlarıyla potansiyel entegrasyon keşfedilebilir.⁷⁶ Bireysel cilt analizine ve kullanıcı tercihlerine göre cilt bakımı ürün önerilerinin doğruluğu ve kişiselleştirilmesi daha da geliştirilebilir.⁶ Uygulama, cilt bakımı tedavilerinin zaman içindeki etkinliğini görüntü analizi yoluyla izlemeye yardımcı olacak şekilde potansiyel olarak genişletilebilir.

Sağlık alanında YZ hızla gelişiyor ve uygulamanın alaka düzeyini ve değerini korumak için sürekli yenilik ve adaptasyon anahtar olacaktır. YZ, mobil teknoloji ve dermatoloji alanlarındaki en son gelişmeleri takip etmek, yeni özelliklerin ve iyileştirmelerin dahil edilmesine olanak tanıyacak, kullanıcı deneyimini ve uygulamanın yeteneklerini geliştirecektir.

9. Sonuç: YZ Destekli Mobil Cilt Analizi için İleriye Dönük Yolun Özeti

YZ destekli mobil cilt analizi uygulamalarının potansiyeli yinelenen olabilir. Geliştirme sürecinde yer alan temel adımlar ve dikkat edilmesi gerekenler özetlenebilir. YZ, mobil geliştirme, dermatoloji ve düzenleyici uyumluluk alanlarında uzmanlığı içeren çok disiplinli bir yaklaşımın önemi vurgulanabilir. Bu teknolojinin geleceği ve sağlık ve güzellik üzerindeki potansiyel etkisi hakkında ileriye dönük bir bakış açısıyla sonuçlandırılabilir.

Ekler:

1. Tablo: Kamuya Açık Cilt Görüntüsü Veri Kümelerinin Karşılaştırılması (Bölüm 3.1)

| Veri Kümesi Adı | Bağlantı | Görüntü Sayısı | Hastalık Kategorileri | Açıklama Detayları | Erişilebilirlik | Temel Güçlü Yönler | Temel Sınırlamalar |
|-----------------|----------|----------------|-----------------------|---|------------------------------------|--|--|
| ISIC Arşivi | 11 | 503.955 + | 25 | Uzman açıklaması | Kamu açık | Geniş ve büyüyen açık kaynak arşivi | - |
| HAM10000 | 13 | 10.015 | 7 | Patolojik doğrulama (%53.3) | ISIC arşivi aracılığıyla kamu açık | Büyük, çok kaynaklı dermatoskopik görüntüler | Melanositik lezyonlara yönelik önyargı |
| Dermnet NZ | 10 | - | - | - | 10 | - | - |
| DDI | 14 | 656 | 570 benzersiz hasta | Patolojik olarak onaylanmış, çeşitli cilt tonları | 78 adresinden indirilebilir | Çeşitli cilt tonlarına sahip ilk kamuya açık, uzman küratörlüğünde veri kümesi | Sınırlı sayıda görüntü |
| PAD-UFES-20 | 10 | 2.298 | 6 | Klinik görüntüler, hasta verileri | 16 adresinden indirilebilir | Akıllı telefonlardan toplanan klinik görüntüler ve hasta verileri | - |

2. Tablo: Cilt Lezyonu Sınıflandırması için Değerlendirme Metrikleri (Bölüm 3.2)

| Metrik Adı | Açıklama | Formül | Cilt Lezyonu Analizindeki Önemi |
|---------------------------------|---|---|---|
| Doğruluk (Accuracy) | Toplam örnek sayısı içinden doğru sınıflandırılan örneklerin oranı | $(\text{Doğru Pozitif} + \text{Doğru Negatif}) / \text{Toplam Örnek Sayısı}$ | Modelin genel performansını ölçer |
| Kesinlik (Precision) | Pozitif olarak tahmin edilenlerin ne kadarının gerçekten pozitif olduğunu ölçer | $\text{Doğru Pozitif} / (\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Pozitif})$ | Yanlış pozitifleri en aza indirmek önemlidir |
| Duyarlılık (Sensitivity/Recall) | Gerçek pozitiflerin ne kadarının doğru bir şekilde tanımlandığını ölçer | $\text{Doğru Pozitif} / (\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Negatif})$ | Yanlış negatifleri en aza indirmek önemlidir |
| F1-Skoru | Kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalaması | $2 * (\text{Kesinlik} * \text{Duyarlılık}) / (\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık})$ | Dengesiz veri kümelerinde model performansını değerlendirmek için kullanışlıdır |
| Özgüllük (Specificity) | Gerçek negatiflerin ne kadarının doğru bir şekilde tanımlandığını ölçer | $\text{Doğru Negatif} / (\text{Doğru Negatif} + \text{Yanlış Pozitif})$ | Yanlış pozitifleri en aza indirmek önemlidir |

3. Tablo: Sağlık Uygulamaları için Temel Veri Gizliliği Düzenlemeleri (Bölüm 6)

| Düzenleme Adı | Coğrafi Kapsam | Uygulamayla İlgili Temel Gereksinimler |
|---------------|-----------------------------|--|
| GDPR | Avrupa Birliği | Açık onay, veri güvenliği, veri anonimleştirme, veri sahibi hakları |
| HIPAA | Amerika Birleşik Devletleri | Veri şifreleme, erişim kontrolleri, denetim mekanizmaları, iş ortağı anlaşmaları (gerekirse) |

Alıntılanan çalışmalar

1. ISIC Skin Image Analysis Workshop @ MICCAI 2023, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://workshop.isic-archive.com/2023/>
2. Deep Learning in Dermatology: A Systematic Review of Current Approaches, Outcomes, and Limitations - PubMed Central, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9841357/>
3. 10 Best AI Skin Analysis Apps in 2025 - Perfect Corp., erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.makeupar.com/business/blog/ai-skincare/top-skin-care-analysis-app>
4. AI Dermatologist: Skin Scanner on the App Store, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://apps.apple.com/us/app/ai-dermatologist-skin-scanner/id1511472597>
5. AI Skin Analysis Tool For Custom Skincare Routine | Cetaphil US, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.cetaphil.com/us/skin-analysis.html>
6. Skin Analysis AI | Skin Analyzer | Free Demo Skin Checker Scan Age & Acne - Perfect Corp., erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.perfectcorp.com/business/showcase/skincare/home>
7. Skin Genius Personalized Skin Analysis Tool - L'Oréal Paris, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.lorealparisusa.com/skin-genius-landing-page>
8. AI dermatologist: Skin scanner, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://ai-derm.com/>
9. Dermatology image dataset - DermNet, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://dermnetnz.org/dermatology-image-dataset>
10. sfu-mial/awesome-skin-image-analysis-datasets - GitHub, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://github.com/sfu-mial/awesome-skin-image-analysis-datasets>
11. International Skin Imaging Collaboration: ISIC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.isic-archive.com/>
12. Review of 10 Skin Disease Datasets Available for Download - Online AI Dermatologist, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://skinive.com/skin-disease-datasets/>
13. The HAM10000 dataset, a large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions - PMC - PubMed Central, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6091241/>
14. DDI - Diverse Dermatology Images | Center for Artificial Intelligence in Medicine & Imaging, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://aimi.stanford.edu/datasets/ddi-diverse-dermatology-images>
15. [2406.07426] DERM12345: A Large, Multisource Dermatoscopic Skin Lesion Dataset with 38 Subclasses - arXiv, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://arxiv.org/abs/2406.07426>
16. PAD-UFES-20: a skin lesion dataset composed of patient data and clinical images collected from smartphones, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://data.mendeley.com/datasets/zr7vgbcyr2/1>
17. The ISIC 2020 Challenge Dataset - International Skin Imaging Collaboration, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://challenge2020.isic-archive.com/>
18. HAM10000 Dataset - Papers With Code, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://paperswithcode.com/dataset/ham10000-1>

19. Intelligent skin lesion segmentation using deformable attention Transformer U-Net with bidirectional attention mechanism in skin cancer images, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11306920/>
20. High-Precision Skin Disease Diagnosis through Deep Learning on Dermoscopic Images, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11440112/>
21. (PDF) A Skin Type Classification Method Using Mobile Device-Based Deep Learning Model, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, https://www.researchgate.net/publication/372504587_A_Skin_Type_Classification_Method_Using_Mobile_Device-Based_Deep_Learning_Model
22. Recent Advancements and Perspectives in the Diagnosis of Skin Diseases Using Machine Learning and Deep Learning: A Review - PMC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10706240/>
23. A review of psoriasis image analysis based on machine learning - Frontiers, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2024.1414582/full>
24. Skin Lesion Classification Using a Deep Ensemble Model - MDPI, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/13/5599>
25. Skin Cancer Detection utilizing Deep Learning: Classification of Skin Lesion Images using a Vision Transformer - arXiv, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://arxiv.org/html/2407.18554v1>
26. FairQuantize: Achieving Fairness Through Weight Quantization for Dermatological Disease Diagnosis - MICCAI, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, https://papers.miccai.org/miccai-2024/paper/3697_paper.pdf
27. (PDF) Classification of skin lesion using deep convolutional neural network by applying transfer learning - ResearchGate, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, https://www.researchgate.net/publication/374165418_Classification_of_skin_lesion_using_deep_convolutional_neural_network_by_applying_transfer_learning
28. Integrating AI in Mobile Apps: CoreML, TensorFlow Lite, Create ML - Cactus, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://cactus-now.com/cactus-news/artificial-intelligence-mobile-apps/>
29. LiteRT overview | Google AI Edge - Gemini API, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://ai.google.dev/edge/litert>
30. TensorFlow Lite - Real-Time Computer Vision on Edge Devices - viso.ai, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://viso.ai/edge-ai/tensorflow-lite/>
31. Guide to Integrate ML in iOS App Development with CoreML - Magicminds, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://magicminds.io/blogs/guide-to-integrate-ml-in-ios-app-development-with-coreml/>
32. TensorFlow Lite for Edge Devices - Tutorial - YouTube, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://m.youtube.com/watch?v=OJnaBhCixng&pp=ygUII2xpZ2h0dGY%3D>
33. Machine Learning - Apple Developer, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://developer.apple.com/machine-learning/>
34. Utilise TensorFlow Lite and Core ML for the best AI-powered mobile apps, erişim

tarihi Mayıs 13, 2025,

<https://www.chapter247.com/blog/building-ai-powered-mobile-apps-with-tensorflow-lite-and-core-ml/>

35. Implementing an ML model into an android app with tensorflow lite - Stack Overflow, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://stackoverflow.com/questions/79415465/implementing-an-ml-model-into-an-android-app-with-tensorflow-lite>
36. How to Integrate Machine Learning in Android Apps? - LogicRays, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.logicrays.com/blog/how-to-integrate-machine-learning-in-android-apps/>
37. Use a TensorFlow Lite model for inference with ML Kit on Android - Firebase, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://firebase.google.com/docs/ml-kit/android/use-custom-models>
38. Image analysis | Android media - Android Developers, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://developer.android.com/media/camera/camerax/analyze>
39. Building iOS and Android ML app : r/iOSProgramming - Reddit, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, https://www.reddit.com/r/iOSProgramming/comments/1d37q2u/building_ios_and_android_ml_app/
40. App development with AI - Google for Developers, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://developers.google.com/appdev>
41. Firebase | Google's Mobile and Web App Development Platform, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://firebase.google.com/>
42. Google AI Studio, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://aistudio.google.com/>
43. Experience AI in our products and experimental tools - Google AI, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://ai.google/get-started/products/>
44. What is Google Cloud and How is it Used in Mobile App Development? - Hyper Pixel, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://hyperpixel.co.uk/insights/what-is-google-cloud-and-how-is-it-used-in-mobile-app-development/>
45. Machine Learning Service – Amazon SageMaker AI - AWS, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://aws.amazon.com/sagemaker-ai/>
46. Building Generative AI and ML solutions faster with AI apps from AWS partners using Amazon SageMaker | AWS Machine Learning Blog, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://aws.amazon.com/blogs/machine-learning/building-generative-ai-and-ml-solutions-faster-with-ai-apps-from-aws-partners-using-amazon-sagemaker/>
47. Build Generative AI with Amazon SageMaker - AWS, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://aws.amazon.com/awstv/watch/24ffd20457c/>
48. Get models on device using Core ML Converters - WWDC20 - Videos - Apple Developer, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2020/10153/>
49. Core ML - Machine Learning - Apple Developer, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://developer.apple.com/machine-learning/core-ml/>

50. integrate ML into iOS Apps _ Day 2 - ingoampt, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://ingoampt.com/whats-some-examples-of-machine-learning-ml-framework-for-using-ml-in-ios-app-development-in-2024/>
51. Core ML vs TensorflowLite: ML Mobile Frameworks Comparison - Netguru, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.netguru.com/blog/coreml-vs-tensorflow-lite-mobile>
52. Using TensorFlow Lite and ML Kit to build custom machine learning models for Android, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://fritz.ai/build-custom-machine-learning-models-for-android/>
53. Building a custom machine learning model on Android with Tensorflow Lite - devmio, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://devm.io/machine-learning/android-ml-tensorflow-lite-160971-001>
54. An awesome list for TensorFlow Lite - Google Dev Library, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://devlibrary.withgoogle.com/products/ml/repos/margaretmz-awesome-tensorflow-lite>
55. Benefits and Applications of GDPR Healthcare Compliance - Folio3 Digital Health, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://digitalhealth.folio3.com/blog/gdpr-healthcare-compliance/>
56. GDPR in Healthcare: Compliance Guide, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.gdprregister.eu/gdpr/healthcare-sector-gdpr/>
57. HIPAA-Ready Apps: Navigating Compliance for Healthcare Solutions - NEKLO, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://neklo.com/blog/hipaa-compliant-apps>
58. 4 Steps to Make Your App HIPAA Compliant - Cprime, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.cprime.com/resources/blog/4-steps-to-make-your-app-hipaa-compliant/>
59. HIPAA Compliance for Medical Software Applications, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.hipaajournal.com/hipaa-compliance-for-medical-software-applications/>
60. HIPAA & Health Apps | HHS.gov, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/special-topics/health-apps/index.html>
61. GDPR Compliance for Apps - Privacy Policies, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.privacypolicies.com/blog/gdpr-compliance-apps/>
62. Understanding data privacy regulations for healthcare apps - Dogtown Media, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.dogtownmedia.com/understanding-data-privacy-regulations-for-healthcare-apps/>
63. GDPR and HIPAA compliance for health applications - Chino.io, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.chino.io/compliance/gdpr-hipaa-health-application-compliance>
64. HIPAA Compliant App Development: Best Practices & Checklist - Imaginovation, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://imaginovation.net/blog/hipaa-compliant-app-development/>
65. Deidentifying and anonymizing healthcare data - Enlitic, erişim tarihi Mayıs 13,

- 2025, <https://enlitic.com/blogs/deidentifying-and-anonymizing-healthcare-data/>
66. Data Masking and Data Anonymization for AI in Healthcare - iTech India, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://itechindia.co/us/blog/data-masking-and-data-anonymization-for-healthcare-ai/>
 67. Use and Understanding of Anonymization and De-Identification in the Biomedical Literature: Scoping Review - PMC - PubMed Central, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6658290/>
 68. Algorithms to anonymize structured medical and healthcare data: A systematic review - PMC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9815524/>
 69. GDPR Compliance for Digital Health Apps - Taylor Wessing, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2021/04/dsgvo-compliance-bei-digital-health-apps>
 70. HIPAA compliance when using mobile apps with your patients - Paubox, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.paubox.com/blog/hipaa-compliance-when-using-mobile-apps-with-your-patients>
 71. Bias in artificial intelligence for medical imaging: fundamentals, detection, avoidance, mitigation, challenges, ethics, and prospects - Diagnostic and Interventional Radiology, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.dirjournal.org/articles/bias-in-artificial-intelligence-for-medical-imaging-fundamentals-detection-avoidance-mitigation-challenges-ethics-and-prospects/doi/dir.2024.242854>
 72. GDPR compliance for Health-Tech and eHealth companies - TechGDPR, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://techgdpr.com/industries/gdpr-compliance-for-health-tech-and-ehealth-companies/>
 73. Assessment of Patient Perceptions of Artificial Intelligence Use In Dermatology: A Cross-Sectional Survey - DigitalCommons@TMC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, https://digitalcommons.library.tmc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3395&context=uthmed_docs
 74. How does edge AI improve healthcare applications? - Milvus, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://milvus.io/ai-quick-reference/how-does-edge-ai-improve-healthcare-applications>
 75. Federated Learning for Medical Image Analysis: A Survey - arXiv, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://arxiv.org/html/2306.05980v4>
 76. Artificial intelligence in dermatology - DermNet, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://dermnetnz.org/topics/artificial-intelligence>
 77. Skin Cancer MNIST: HAM10000 | Kaggle, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.kaggle.com/datasets/kmader/skin-cancer-mnist-ham10000>
 78. Diverse Dermatology Images, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://ddi-dataset.github.io/>

79. Skin Lesion Classification and Detection Using Machine Learning Techniques: A Systematic Review - PMC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10572538/>
80. Skin Lesion Classification and Detection Using Machine Learning Techniques: A Systematic Review - PubMed, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37835889/>
81. Accurate Skin Lesion Classification Using Multimodal Learning on the HAM10000 Dataset, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2024.05.30.24308213v3.full-text>
82. Accurate Skin Lesion Classification Using Multimodal Learning on the HAM10000 Dataset - medRxiv, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.medrxiv.org/content/medrxiv/early/2024/05/31/2024.05.30.24308213.full.pdf>
83. Advanced Artificial Intelligence Techniques for Comprehensive Dermatological Image Analysis and Diagnosis - MDPI, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.mdpi.com/2673-6179/4/4/15>
84. Assessment of an Artificial Intelligence Model's Capability of Responding to Queries in the Realm of Integrative Dermatology, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://www.jintegrativederm.org/article/125936-assessment-of-an-artificial-intelligence-model-s-capability-of-responding-to-queries-in-the-realm-of-integrative-dermatology>
85. Evaluation of the Diagnostic Accuracy of an Online Artificial Intelligence Application for Skin Disease Diagnosis - PMC, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9234984/>
86. DERM performance - Skin Analytics, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://skin-analytics.com/ai-pathways/derm-performance/>
87. Artificial Intelligence and Its Effect on Dermatologists' Accuracy in Dermoscopic Melanoma Image Classification: Web-Based Survey Study, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7519424/>
88. New data shows DERM, our AI skin cancer diagnosis tool, could be as accurate as clinical specialist, erişim tarihi Mayıs 13, 2025, <https://skin-analytics.com/news/skin-cancer/prospective-study-shows-ai-as-accurate-as-clinical-specialist/>