

BMÜ 326 Yazılım Mühendisliği Dersi

Proje Öneri Formu

Başvuru formunu Arial 9 yazı tipinde, her bir konu başlığı altında verilen açıklamalar göz önünde bulundurularak hazırlanacak ve kaynaklar hariç toplam 3 sayfayı aşmayacak şekilde ilgili alanlar büyültülebilir.

Bu aşamada projede kullanılacak yöntem, tasarım, mimari, gerçekleştirim ayrıntıları vb. kısımlar beklenmemektedir.

Proje Başlığı: ESP32 CAM Modülü ve Edge Impulse ile YOLO Tabanlı Nesne Tespiti

Proje Ekibindeki Kişiler: Hacer Çadırcı, Esra Aslanboğa, Hazan Yücel

1.1. Proje Konusunun Kapsamı ve Önemi, Projenin Yenilikçi Yönü, Projenin Potansiyel Çıktıları

Projenin ele almayı amaçladığı sorunu veya ihtiyacı açıkça belirtin.

Proje önerisinde ele alınan konunun kapsamı, sınırları ve önemi açıklanacaktır.

Yenilikçi yönü yazılırken projenin farklılığı hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği açıklanacaktır.

Proje başarıyla gerçekleştirildiği takdirde projeden elde edilmesi öngörülen çıktılar/etkiler (ticari, sosyal, Start-up şirketi vb.) kısa ve net cümlelerle belirtilecektir.

Projenin Ele Almayı Amaçladığı Sorun ve İhtiyaçlar

Günümüzde 250 milyar mikrodenetleyici, elektronik cihazlarda çeşitli görevler üstlenmekte ve bu denetleyiciler, temel seviyede makine öğrenmesi modellerini çalıştırma potansiyeline sahiptir. Ancak, bu mikrodenetleyiciler bellek kapasitesi, işlem gücü ve saat hızı gibi kısıtlı donanım kaynaklarına sahiptir. Geleneksel makine öğrenmesi modellerinin bu tür kısıtlı cihazlarda çalıştırılması büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Özellikle güvenlik, tarım, endüstriyel otomasyon ve akıllı şehir uygulamalarında gerçek zamanlı görüntü işleme sistemlerine duyulan gereksinimler, yüksek işlem gücü gerektiren çözümler nedeniyle maliyet ve erişilebilirlik açısından kısıtlı kalmaktadır. Bu sorunu aşmak için "Tiny Machine Learning (TinyML)" adı verilen yeni bir paradigma geliştirilmiştir. TinyML, gömülü cihazların donanım kısıtlamalarına uygun şekilde optimize edilmiş makine öğrenmesi çözümlerini içermektedir. Model sıkıştırma, düşük güç tüketimi ve minimum işlem kaynağı gereksinimi gibi optimizasyon yöntemleri bu alanda kritik rol oynamaktadır.

IoT kısaltmasıyla bildiğimiz Nesnelerin İnterneti, hem cihazlar ile bulut arasındaki hem de cihazların kendi aralarındaki iletişimi mümkün kılan bağlı cihazların ve teknoloji ağlarının tamamını ifade eder. Akıllı şehirler, endüstriyel IoT, tarım 4.0 ve sağlık hizmetleri gibi birçok sektörde yenilikçi uygulamaları mümkün kılan IoT cihazları, bilişsel, derin öğrenme tabanlı hesaplama ve fiziksel dünyaya gömülü sensörler ve düşük güçlü işlemciler aracılığıyla geniş bir veri yelpazesi toplama yeteneğine sahiptir. Örneğin, akıllı yüzme saatleri yüzme stillerini ayırt edebilirken, dijital ev asistanları insan seslerini ve dilini anlamaya çalışmaktadır. Bu teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte, IoT cihazlarının sayısı hızla artmakta ve büyük miktarda veri üretilmektedir. Geleneksel IoT sistemlerinde, cihazların ürettiği veriler genellikle bulut sunucularına gönderilerek işlenmekte ve sonuçlar tekrar cihaza iletilmektedir. Ancak bu süreç, yüksek ağ gecikmesi, bant genişliği maliyetleri ve veri güvenliği endişeleri gibi çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Edge Computing (uç bilişim), bu verileri buluta göndermeden, doğrudan cihaz üzerinde veya ağın uç noktasında (gateway veya edge server) işlemenin bir yolunu sunar.

Edge AI, Edge Computing ve makine öğrenmesinin birleşimiyle, cihazların gerçek zamanlı analiz yapmasını ve hızlı karar almasını sağlar. Bu yaklaşım özellikle akıllı şehirler, tarım, sanayi otomasyonu ve güvenlik gibi gerçek zamanlı veri işleme gerektiren alanlarda büyük avantajlar sunar.

Proje kapsamında, Edge AI ve TinyML gibi yaklaşımlar ile makine öğrenmesi modellerinin ESP32-CAM gibi düşük güçlü bir IoT cihazının üzerinde çalıştırılarak gecikme sürelerinin düşürülmesi, düşük maliyetli, enerji verimli ve erişilebilir bir çözüm sunulması ve sistem performansının artırılması hedeflenmektedir. Bu sayede, gömülü sistemler, uç bilişim ve makine öğrenmesinin IoT alanında birleştirilmesiyle yeni nesil akıllı çözümlere temel oluşturulacaktır.

Projenin Kapsamı, Sınırları ve Önemi

Bu proje, ESP32-CAM ve Edge Impulse kullanarak TinyML tabanlı nesne tanıma sistemlerinin gömülü sistemlerde nasıl uygulanabileceğini araştırmaktadır. Özellikle, düşük güçlü ve kaynak açısından kısıtlı mikrodenetleyiciler üzerinde çalışan bir model geliştirme süreci ele alınacaktır.

Proje kapsamında, Edge Impulse kullanılarak veri toplanacak, bu veriler bulut ortamında işlenerek YOLO tabanlı bir makine öğrenmesi modeli eğitilecek ve optimize edilecektir. Daha sonra, model gömülü sistemin donanım kısıtlamalarına uygun hale getirilerek ESP32-CAM üzerinde çalıştırılacaktır. Modelin sonuçları OLED/LCD ekranda çıktı olarak gösterilecektir. Bu süreç, nesne tanıma gibi yaygın kullanılan makine öğrenmesi uygulamalarının, bulut yerine cihaz üzerinde gerçekleştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Geliştirilecek model, öncelikli olarak sebze ve meyve tanıma amacıyla kullanılacak olsa da, genel olarak nesne tespiti (object detection) uygulamalarına uyarlanabilir. Modelin eğitim süreci, TinyML ve Edge AI modelleri için yaygın olarak kullanılan optimizasyon tekniklerini içerecek ve gömülü cihazlarda verimli çalışacak şekilde düzenlenecektir.

Gömülü sistemlerin, uç bilişimin ve makine öğreniminin IoT alanında birleşmesi, her biri kendi kısıtlamaları ve beklenen engelleri olan çok sayıda zorluk sunar. Proje bağlamındaki ve uç bilişimin getirdiği bazı sınırlamalar şunlardır:

- **Kaynak Kısıtlamaları:** ESP32-CAM gibi cihazların sınırlı bellek, işlem gücü ve enerji tüketimi nedeniyle gelişmiş modelleri çalıştırma kapasitesi düşüktür. Bu gibi kaynak kısıtlı cihazlarda AI modelleri dağıtmak, hem yazılım hem de donanım seviyelerinde önemli optimizasyon gerektirir. Modeller çok fazla doğruluk kaybetmeden sıkıştırılmalıdır ve donanım bu modelleri gerçek zamanlı olarak çalıştıracak kadar güçlü, aynı zamanda özellikle pille çalışan cihazlarda enerji açısından verimli olmalıdır.
- **Güvenlik ve Veri Koruma:** Verilerin uçta işlenmesi, uç bilişim, güvenlik risklerini azaltırken, model bütünlüğünün ve cihaz güvenliğinin sağlanması kritik bir zorluktur. Birleştirme ve özetleme gibi veri minimizasyon teknikleri, uçta işlenen veri miktarının azaltılmasına yardımcı olarak gizlilik risklerini en aza indirir.
- **Cihaz Yönetimi, Uyumluluk ve Uyarlanabilirlik:** Büyük ölçekli IoT ağlarında farklı üreticilere ait cihazların entegrasyonu, uzaktan yönetimi ve yazılım güncellemeleri karmaşıklık yaratmaktadır. Farklı cihazlar ve sistemler arasındaki çalışabilirliği sağlayan standartlaşmış iletişim protokolleri ve uyarlanabilir sistem tasarımları ile bu sorun aşılabılır.

Bu proje, TinyML'in IoT cihazları üzerindeki uygulanabilirliğini göstermekle birlikte, ağ yükünü azaltarak bulut bilişime olan bağımlılığı en aza indirmek açısından önemlidir. Ayrıca, düşük maliyetli ve düşük güçlü donanımlarda makine öğrenmesi modellerini çalıştırmak, tarım, perakende ve akıllı şehirler gibi birçok alanda yenilikçi çözümler geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Yenilikçi Yönü

Mevcut nesne tespiti çözümlerinin çoğu güçlü GPU'lara sahip bilgisayarlarda veya bulut tabanlı sistemlerde çalışırken, bu proje düşük maliyetli ESP32-CAM gibi kısıtlı donanımlar üzerinde YOLO tabanlı nesne tespiti gerçekleştirerek, uç cihazlarda verimli ve bağımsız bir yapay zeka uygulaması sunmayı amaçlamaktadır. Bu sayede, enerji verimli ve yerel karar alma yeteneğine sahip bir sistem geliştirilecektir. Proje, özellikle güvenlik sistemleri, tarımda zararlı ürün tespiti, fabrika otomasyonları ve akıllı şehir uygulamaları gibi alanlarda düşük maliyetli yapay zeka çözümlerine katkı sağlayabilir.

Projenin Potansiyel Çıktıları

Bu proje başarıyla tamamlandığında, düşük maliyetli donanım kullanılarak gerçek zamanlı nesne tanıma işlemleri gerçekleştirilebilecektir. Verinin doğrudan cihaz üzerinde işlenmesi sayesinde gecikme süresi en aza indirilecek, böylece sistemin anlık tepki verme yeteneği artırılabilecektir. Ayrıca, bulut bağlantısına ihtiyaç duyulmadan yapay zekâ uygulamaları çalıştırılabileceği için hem ağ trafiği azalacak hem de bant genişliği kullanımı optimize edilecektir. Verilerin yerel olarak işlenmesi, kişisel ve hassas bilgilerin gizliliğini koruma açısından da önemli bir avantaj sunacaktır. Bu proje aynı zamanda, edge AI sistemlerinin gerçek dünyadaki pratik kullanım potansiyelini ortaya koyacak; model optimizasyonu sayesinde sınırlı donanım kaynaklarıyla dahi yüksek verimlilik sağlanabilecektir.

Bu bağlamda, proje yalnızca mevcut teknolojileri kullanmakla kalmayıp, kullanılacak olan uçta yapay zekâ çözümlerine yönelik yeni algoritmalar, model optimizasyon teknikleri ve donanım entegrasyon yöntemleri ile akıllı şehir uygulamalarına, tarım, sağlık ve endüstriyel otomasyon alanlarına, ve uç bilişim ve makine öğrenmesinin IoT alanında birleştiği ar-ge çalışmalarına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Böylece, gelecekteki dijital dönüşüm süreçlerine yön verecek bir temel oluşturulması amaçlanmaktadır.

1.2. Amaç ve Hedefler, Paydaşlar

Proje önerisinin amacı ve hedefleri ana hatlarıyla açık, gerçekçi ve dönem projesi süresince ulaşılabilir nitelikte yazılacaktır.

Projenin paydaşlarının kim olduğu kimin için yapılacağı hedef müşteri kitlesi hakkında bilgi verilecektir.

Bu proje, ESP32-CAM modülü ve Edge Impulse entegrasyonu kullanılarak, gerçek zamanlı nesne tanıma gerçekleştirebilen düşük maliyetli ve enerji verimli bir sistem geliştirmeyi amaçlamaktadır. Projede elde edilecek sonuçlar, nesne tespitinde gecikmeyi ve bant genişliği ihtiyacını minimize ederken, verilerin yerel cihaz üzerinde işlenmesi sayesinde daha hızlı ve güvenilir bir çözüm sunmayı hedeflemektedir.

Amaç ve Kapsam

Projenin temel amacı, taşınabilir ve özelleştirilebilir bir sistem aracılığıyla, farklı uygulama alanlarında kullanılabilecek bir nesne tanıma çözümü ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda, ESP32-CAM modülüyle görüntü verisi toplanarak, Edge Impulse platformunda makine öğrenimi temelli bir model eğitilecektir. Eğitilen model, gerçek zamanlı çalıştırılarak performans testlerinden geçirilecek ve optimize edilecektir. Böylece, düşük maliyetli donanım kullanılarak enerji verimliliği sağlanırken, sistemin farklı senaryolarda doğruluğu ve güvenilirliği artırılacaktır.

Hedefler

- ESP32-CAM modülü kullanılarak, nesne görüntülerinin toplanması ve ön işleme aşamasının gerçekleştirilmesi
- Toplanan verilerin Edge Impulse platformunda işlenerek, nesne tanıma modelinin oluşturulması ve eğitilmesi.
- Eğitilen modelin ESP32-CAM üzerinde entegre edilerek, gerçek zamanlı nesne tanıma işlemlerinin gerçekleştirilmesi.
- Sistemin güç tüketiminin minimize edilmesi, uzun süreli kullanımın sağlanması ve farklı uygulama senaryolarında doğruluk oranlarının artırılması.
- Geliştirilen sistemin detaylı dokümantasyonunun hazırlanarak, açık kaynak topluluklarıyla paylaşılması ve gelecekteki uygulamalar için temel oluşturulması.

Bu proje, düşük maliyetli ve kolay erişilebilir donanımlar kullanarak nesne tespiti gibi karmaşık bir problemi çözmeyi hedeflemekte ve farklı alanlarda uygulanabilir yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] <https://aws.amazon.com/tr/what-is/iot/#:~:text=IoT%20k%C4%B1saltmas%C4%B1yla%20bildi%C4%9Fimiz%20Nesnelerin%20%C4%B0interneti.teknolojiler%20a%C4%9F%C4%B1n%C4%B1n%20tamam%C4%B1n%C4%B1%20ifade%20eder>
- [2] <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/object-recognition-using-esp32-cam-and-edge-impulse>
- [3] H. Genc, Y. Zu, T. -W. Chin, M. Halpern and V. J. Reddi, "Flying IoT: Toward Low-Power Vision in the Sky," in *IEEE Micro*, vol. 37, no. 6, pp. 40-51, November/December 2017, doi: 10.1109/MM.2017.4241339.
- [4] Immonen, Riku, Hämäläinen, Timo, Tiny Machine Learning for Resource-Constrained Microcontrollers, *Journal of Sensors*, 2022, 7437023, 11 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7437023> as
- [5] Franklin Oliveira, Daniel G. Costa, Flávio Assis, Ivanovitch Silva, Internet of Intelligent Things: A convergence of embedded systems, edge computing and machine learning, Volume 26, 2024, 101153, ISSN 542-6605, <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101153>.
- [6] Grzesik, P.; Mrozek, D. Combining Machine Learning and Edge Computing: Opportunities, Challenges, Platforms, Frameworks, and Use Cases. *Electronics* 2024, 13, 640. <https://doi.org/10.3390/electronics13030640>
- [7] <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-tinyml-tiny-machine-learning/>