

Simülasyon Ortamlarda Derin Öğrenme ile Nesne Tespiti

Object Detection with Deep Learning in Simulation Environments

Samet Akçay^{*1} , İclal Çetin Taş² 

¹Yazılım Mühendisliği Bölümü, Ostim Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ostim Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

(200801008@ostimteknik.edu.tr, iclal.cetintas@ostimteknik.edu.tr)

Received: Jun.12, 2023

Accepted: Sep.12, 2023

Published: Dec.20, 2023

Özetçe— Dijital ikiz kavramı ile benzetim ortamlarının yapılması ile geliştirme maliyeti ve zamanından fayda sağlanmaktadır. Özellikle görüntü işleme ve insansız hava aracı uygulamalarındaki yüksek maliyet ve diğer riskler düşünüldüğünde bu tip uygulamalar için dijital ortamların araştırmalarda kullanılması yeni ve test edilmemiş algoritmalarında kolay bir şekilde denenmesine imkân vermektedir. Dört rotorlu bir insansız hava aracı dinamik model ikizi Matlab yazılımında oluşturulmuş ve bu hava aracı için uçuş ortamı Unreal oyun motoru yazılımı ile benzetilmiştir. Hava aracının üzerinde kamera modeli oluşturularak dijital ortamdan insansız hava aracı üzerinden görüntüler alınmıştır. Elde edilen görüntüler daha önce eğitilen YOLOv4 derin öğrenme ağına gönderilerek, farklı koşulları içeren arazi ortamındaki asker figürleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan testlerde sis koşullarının zor olduğu durumlarda nesne tespit sayısının ve doğruluğunun azaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Dijital ikiz, Görüntü işleme, İHA.

Abstract— With the concept of digital twins, the development cost and time are benefited by making simulation environments. Especially considering the high cost and other risks in image processing and unmanned aerial vehicle applications, the use of digital media in research for such applications allows easy testing of new and untested algorithms. A quadrotor unmanned aerial vehicle dynamic model twin was created in Matlab software, and the flight environment for this aircraft was simulated with Unreal game engine software. A camera model was created on the aircraft and images were taken from the digital media over the unmanned aerial vehicle. The images obtained were sent to the previously trained YOLOv4 deep learning network, and soldier figures in the field environment with different fog conditions were tried to be determined. In the tests carried out, it was observed that the number and accuracy of object detection decreased when fog conditions were difficult.

Keywords : Digital twin, Image processing, UAV.

1. Giriş

Günümüzde hızla değişen teknoloji birçok yeniliği de beraberinde getirmektedir. Bu yeniliklerden biride dijital ikiz kavramıdır. Dijital ikiz, herhangi bir sistemin, objenin veya yapının fonksiyonel ve fiziksel olarak benzetim ortamının yapılmasıdır. Endüstri, savunma ve havacılık alanlarında kullanımı hızla artmaktadır (Li vd. 2021). Fabrikalarda üretim bantlarının, savunma sanayinde birçok sensör sisteminin ve havacılıkta kullanılan servo motor ve diğer alt sistemlerin benzetimi dijital ikiz kavramı sayesinde yapılabilmektedir (Hendrik vd. 2022). Özellikle havacılık alanında insansız hava araçları (İHA) bu kavramın ana uygulama platformları olmaktadır. İHA gibi hava platformlarında dijital verilerin toplanması ve işlenmesi faaliyetleri ön plana çıkmaktadır (Zweber vd. 2017). Geliştirme ve test maliyetlerinin yüksek olduğu yerlerde bu maliyetleri düşürerek önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca akademik çalışmalarda kullanılacak platformların dijital benzetimi sayesinde araştırmacılar yüksek riskli ve çok sayıda deneme yanılma gerektiren uygulamaları kolaylık yapabilmekte ve geliştirdikleri algoritmaları test edebilmektedirler. Diğer bir deyişle dijital ikiz gerçek ortamla sanal ortam arasında fiziksel öğeleri oluşturarak bağlantı sağlamaktadır. Bu fiziksel öğeler yüksek duyarlı veya daha düşük duyarlı olarak modellenebilmektedir. Dijital ikizin diğer bir uygulama alanı ise görüntü işleme ve toplanmasıdır. Oluşturulan dijital ikiz ortamlardan görüntüler toplanarak işlenmekte ve görüntü işleme algoritmaları test edilebilmektedir. Nesne tanıma ve sınıflandırma faaliyetleri yapılabilmektedir. Hatta bu görüntüler benzetimi yapılmış bir İHA üzerinden alınabilmektedir.

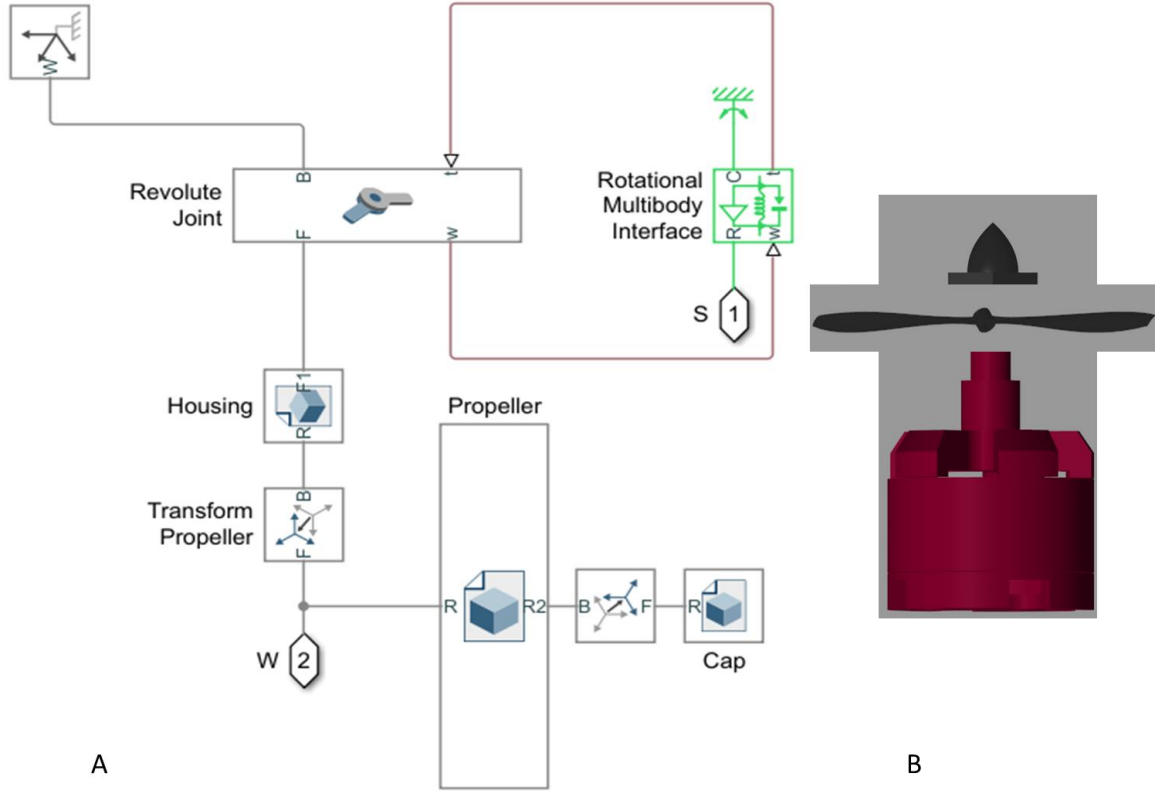
Dijital ikiz konusunda akademik çalışmalar incelendiğinde örneğin, Yang vd. (2020) çok rotorlu İHA platformları için dijital ikiz benzetiminin nasıl yapılacağını çalışmışlardır. Burada dijital ikiz platformunun kurulumu için hangi adımların izlenmesi ve hangi araçların kullanılması gerektiğini araştırmışlardır. Başka bir çalışmada Hazbon vd. (2019) hava araçları için çok önemli bir sistem olan hava veri sistemini dijital ikiz yöntemiyle benzetimini yapmışlardır. Hava araçlarında hava hızını ölçmek için pitot tüp kullanılmaktadır. Bu sistem arıza verdiğinde hava aracı düşme tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir. Bu sistemi dijital ikiz yardımıyla benzetimi yapılarak yardımcı sanal bir sensör oluşturulmakta ve gerçek sensör arıza verdiğinde sanal ikiz gerekli hava hızı verilerini üretmektedir. Çalışmada bu benzetim çeşitli filtreleme algoritmaları ile yapılmıştır. Bir diğer çalışmada Lei vd. (2021) sürü İHA'ların birlikte çalışacağı ortamın dijital benzetimi yapılmaktadır. Yüksek doğrulukta fiziksel benzetimi yapılmış İHA ve yapay zekâ tabanlı karar verme mekanizması ile dijital ikiz platformu oluşturulmuştur. Meng vd. (2022) bulut tabanlı, İHA uçuş bilgilerini yüksek hızda aktarabilen otonom ve daha akıllı İHA sistemlerinin dijital benzetimi üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları deneysel testlerde sanal ve fiziksel İHA sisteminin birbiri arasında düşük gecikmeli veri aktarımını başararak, dijital benzetim sisteminin bir görevi tamamlamada gerçek bir sistem ile beraber kullanılabileceğini göstermişlerdir. Shah vd. (2017) yaptıkları çalışmada yüksek doğruluk oranlı görsel ve fiziksel modellerin dijital benzetim yoluyla otonom araçlarda uygulanması için tasarlanan AirSim benzetim aracını incelemişlerdir. Bu sayede oluşturulan bu sanal ortamdan derin öğrenme ve yapay zekâ algoritmaları için gerekli olan verileri toplayarak maliyet etkin bir çözüm sunmuşlardır. Zhou vd. (2021) dijital ikiz ile oluşturulan bir üretim alanında küçük ve karmaşık objeleri tanımak için YOLOv4 vb. derin öğrenme ile nesne tespit mimarilerini kullanmışlardır. Ashkir vd. (2021) oluşturdukları sanal geçerlik tabanlı dijital ikiz çalışmasında üç boyutlu objelerin tespiti için kümeleme algoritmalarından hiyerarşik ve k-ortalama kullanılarak iki yöntemde de 74% doğruluk oranına ulaşmışlardır. Lee vd. (2021) oluşturdukları sentetik dijital ortam ile İHA üzerinden alınan görüntüleri sınır ağları ile eğiterek nesne tespit işlemlerinde sentetik ortamın etkilerini incelemişlerdir.

Bu çalışmada birçok rotorlu insansız hava aracının ve bu hava aracının uçuş yaptığı ortamın dijital ikizi yapılarak benzetim ortamı oluşturulmuştur. Bu sayede sanal ortamda İHA üzerindeki kamera görüntüleri toplanarak derin öğrenme teknikleri ile görüntü işleme yapılmıştır. İşlenen bu görüntüler ile arazi ortamında İHA üzerinden insan nesnelere tespit edilmiştir. İnsan tespit etme işlemi farklı sis koşullarında yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. İnsansız Hava Aracı Fiziksel Modelin Oluşturulması

İnsansız hava araçları en genel anlamda sabit kanat, döner kanat ve dikey kalkış iniş yapabilen olmak üzere 3 kategoriye ayrılmaktadır. Döner kanatlı İHA'lar hem havada askıda kalabilme hem de hızlı ve çevik olmalarından dolayı tercih sebebi olmaktadır. Bu çalışmada 4 motordan oluşan ve "Quadcopter" olarak alınan İHA referans olarak alınmıştır. İHA'nın gövde, motor, motor kolları, pervaneler ve diğer aksamaları Solidworks katı modelleme yazılımı ile modellenmiştir. Bu modeller Matlab Simscape ortamına Solidworks içindeki yardımcı eklenti program sayesinde aktarılmıştır. Matlab yazılımı için 2022 Windows sürümü kullanılmıştır. Bu aktarım esnasında mafsal ve sabit mesnet yapılar katı modeldeki ilişkilere göre aktarılmıştır. Aktarım sırasında hatalı olan kısımlar düzeltilmiştir. Örnek bir çalışma Şekil 1'de verilmiştir.

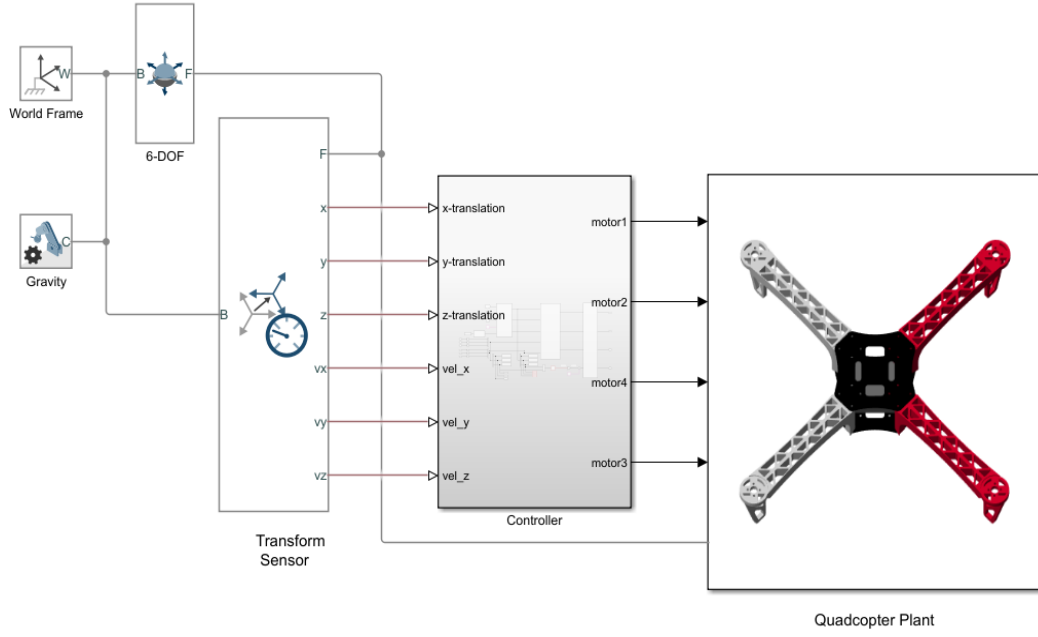


Şekil 1. İHA elektrikli motorun Simscape fiziksel (A) modeli ve katı modeli (B)

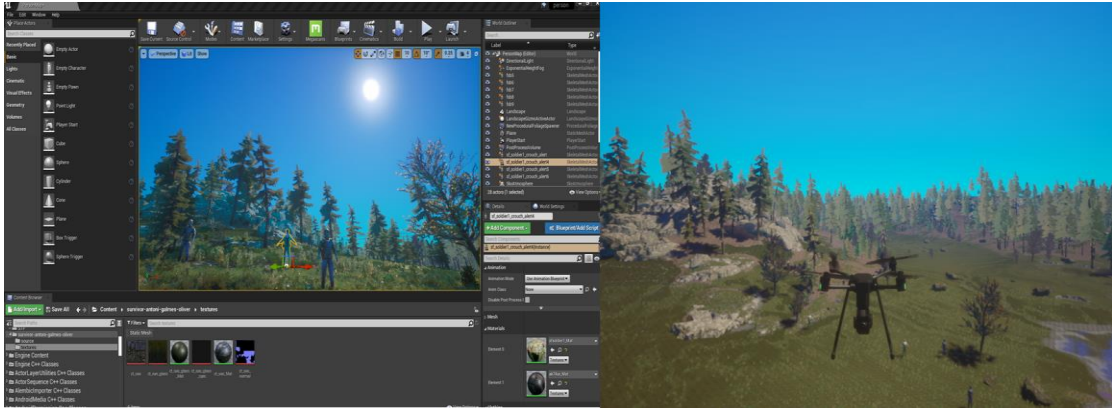
Daha sonra Simscape ortamında tüm bileşenler modellenerek 6 serbestlik dereceli uçuş modeli oluşturulmuştur. Düşük hızlı cisimlerde dünya ve atalet referans sistemleri eşit kabul edilmektedir. Atalet referans sistemi ve İHA'nın kendi gövde referans düzlemine göre hareketleri Simscape aracındaki referans belirleme modelleri ile yapılmıştır. Ayrıca İHA'nın ivmelenmesi, açısal hareketleri ve pozisyonu gibi bilgileri 6 serbestlik dereceli model ile benzetim yapılmıştır. Bu sayede yüksek doğrulukta İHA'yı temsil eden bir platform oluşturulmuştur. Oluşturulan dinamik model için oransal, integral ve türevsel kontrolcü tasarlanmıştır. Uçuş modelinin genel hali Şekil 2'te verilmiştir.

2.2. Uçuş Ortamının Benzetimi

Sanal ortamların oluşturulmasında günümüz oyun motorları sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları Unity ve Unreal oyun motorlarıdır. Ortam benzetim ortamı için Unreal oyun motoru kullanılmıştır. Unreal oyun motoru Matlab yazılım aracı ile uyumlu çalışabilmekte ve veri transferi yapabilmektedir. Bu sayede Matlab Simscape ile oluşturulan İHA dijital ikizin verileri Unreal ortamına aktarılmaktadır. Aynı şekilde Unreal oyun motorundan da İHA kamerasından elde edilen görüntüler Matlab ortamına aktarılmaktadır. Bu işlemler Matlab yazılımında bulunan Unreal oyun motoru İHA ara yüzü eklentisi ile kolay bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca özgün eklenti yazılımlarıyla veri paylaşımı da yapılabilmektedir. Unreal oyun motorunda tasarım yapmak için birçok yardımcı araç ve hazır objeler sunulmaktadır. Bu yardımcı araçlardan öne çıkanlar sırasıyla sahne (katman), peyzaj, yeşillik, sis ve ışık araçlarıdır. Ayrıca kendi mağazasında ücretli ve ücretsiz birçok varlık hazır olarak sunulmaktadır. Sahne aracında oyun içi sahneler ve seviyeler organize edilmekte ve oyun içi karakterler bu sahneler ile ilişkilendirilmektedir. Peyzaj aracı ile yer üstü şekiller dağ, göl, tepe vb. modellenmekte veya hazır olarak elde edilen arazi ve yükseklik haritaları eklenebilmektedir. Bu sayede ortamda kullanılacak harita oluşturulmaktadır. Yeşillik modülü ile haritada kullanılacak ağaç, bitki, yeşillik, taş vb. objeler toplu olarak haritaya eklenebilmektedir. Sis modülü ile ortamda sis efekti modellenebilmektedir. Işık aracıyla spot ışık, güneş ışığı, gökyüzü ve yönlü ışık efektleri modellenebilmekte ve ışık şiddetleri ayarlanabilmektedir. Ayrıca parçacık yardımcı aracıyla da yağmur, kar vb. efektler yapılabilmektedir. Uçuş benzetim ortamı Şekil 3'te verilmiştir.



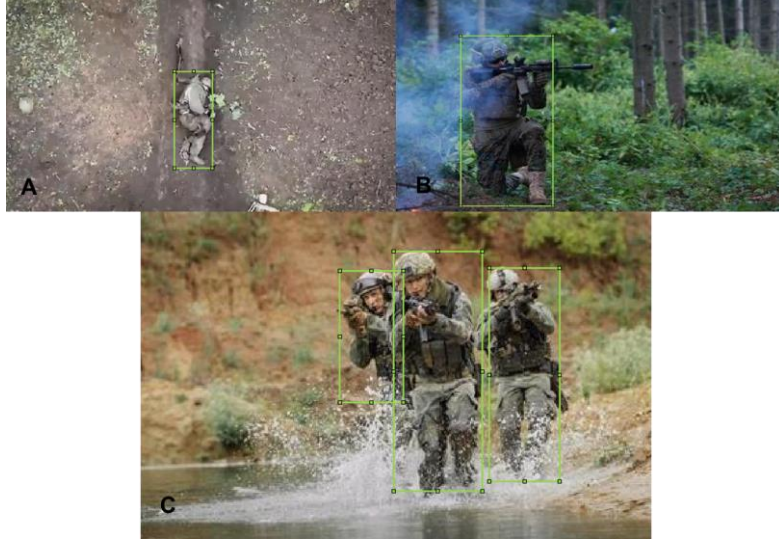
Şekil 2. İHA 6 serbestlik dereceli uçuş modeli



Şekil 3. Unreal oyun motorunda yapılan uçuş benzetim ortamı

2.3. Veri Setinin Hazırlanması

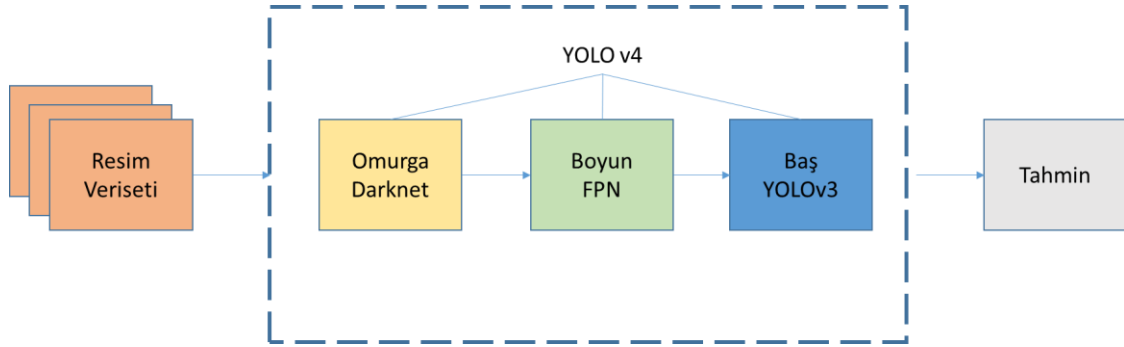
Nesne tespit işlemlerinde en önemli unsurlardan biri veri setinin doğru seçilmesi ve eğitim öncesi işlemlerin dikkatlice yapılmasıdır. Modelde tespit edilecek insan figürü asker olarak seçilmiştir. Bu sebeple veri seti için asker resimlerinden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Resimler veri seti sağlayıcısı olan <https://www.kaggle.com/datasets/masurte/aiming-soldiers-image-dataset> web adresinden alınmıştır. Veri seti nişan alan askerler veri seti kümesinde bulunmaktadır. Veri setine 15.04.2023 tarihinde erişilmiştir. Veri seti içinde 2832 adet resim bulunmakta fakat bu resimlerden 2000 adet seçilerek veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti Matlab resim etiketleme aracı ile ilgilenilen bölgelerin etiketlenmesi ve resim üzerindeki koordinat belirleme işlemleri yapılmıştır. Bu işlemin ardından yüksekliği ve genişliği önceden belirlenmiş çap kutuları hesaplanmıştır. Bu sayede performans artırılmaktadır. YOLOv4 mimarisi k-ortalama çapa kutu algoritmasını kullanmaktadır (Franti and Sieranoja, 2018). Veri setindeki ve etiketleme işlemi için örnek bir çalışma Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Matlab resim etiketleme aracı ile veri seti üzerinde etiketleme işlemi

2.4. Ağın Eğitilmesi

Nesne tespit uygulamalarında derin öğrenme sıklıkla kullanılmaktadır. Derin öğrenme tabanlı evrimsel sinir ağları özellikle gerçek zamanlı nesne takibi ve tespiti için yüksek bir performans sağlamaktadır. Evrimsel sinir ağları arasında R-CNN ve YOLOv4 mimarileri tercih edilmektedir. R-CNN tabanlı mimariler iki aşamalı iken YOLOv4 tek aşamalı bir yapı kullanmaktadır. Örnek bir YOLOv4 mimarisi Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. YOLOv4 mimarisi

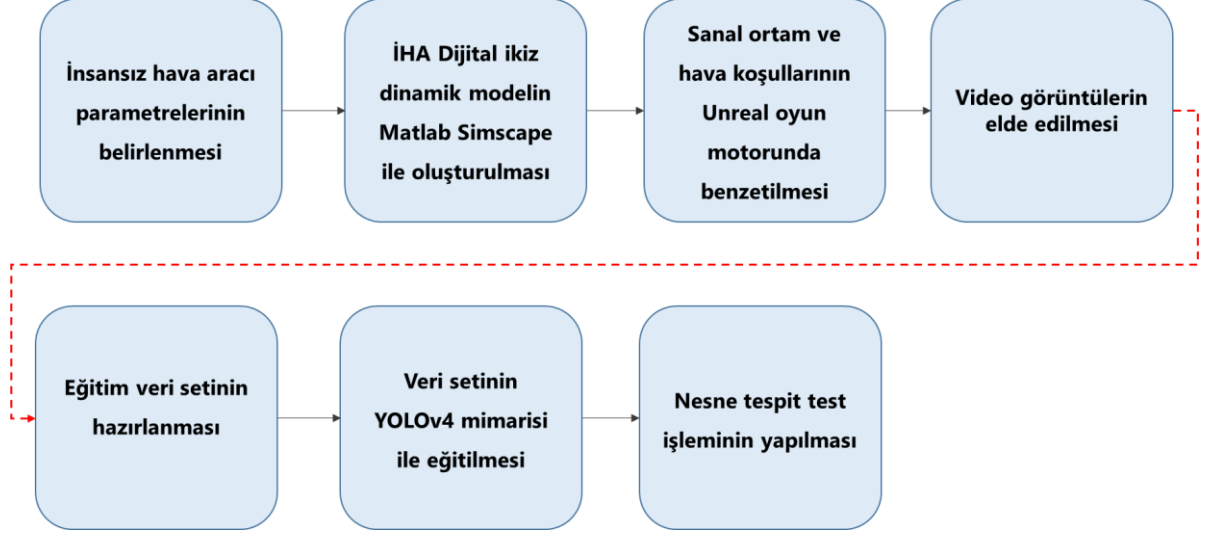
YOLOv4 sınırlayıcı kutuların koordinatlarını evrimsel özellik çıkarıcı üzerindeki tamamen bağlı katmanlar ile doğrudan tahmin etmektedir (Redmon ve Farhadi, 2017). YOLOv4 omurga, boyun ve baş kısımlarından oluşmaktadır. Omurga tarafında giriş veri setlerinden özellik haritaları oluşturulmaktadır. CSPDarkNet53 veya VGG16 modelleri kullanılabilir. Boyun kısmı omurga ile baş kısmını birbirine bağlamaktadır. Boyun kısmı iki bölüden oluşmaktadır. Bunlar mekânsal piramit havuzu (SPP) ve yol toplama ağıdır (PAN). Farklı katmanlardan gelen özellik haritalarını toplar ve birleştirerek baş kısmına iletir. Son kısım olan baş kısmında ise paketlenmiş özellik haritalarının işlenerek tahmin yapma faaliyeti yapılır. Baş kısmı YOLOv3 ile aynı işlemi yapmaktadır. Bu mimaride önceden eğitilmiş ağlar kullanılacağı gibi özgün ağ eğitimi de yapılabilmektedir. Önceden eğitilmiş ağların AlexNet, GoogLeNet ve DarkNet53 bunların başlıca gelenleridir.

3. Bulgular

3.1. Deneysel Kurulum

Sanal ortamda İHA ile nesne tespiti yapılabilmesi için ortam ve İHA için dijital benzetim ortamının yapılması gerekmektedir. Öncelikle görüntü alınacak İHA'nın katı model çizimleri yapılmıştır. Katı model yardımıyla dinamik model için gerekli mafsalları vb. yapıları kontrolcü tasarımları ve sensör modelleri Matlab Simscape aracı kullanılarak 6 serbestlik dereceli uçuş modeli oluşturulmuş ve yüksek doğrulukta bir İHA dinamik modeli ortaya

çıkıştır. Uçuş ortamı için Unreal oyun motorunda arazi ortamı, insan modeli, İHA modeli ve sis hava durumu tasarlanmıştır. Matlab ile Unreal arasında veri transferi ile İHA'dan çekilen video görüntüler Matlab ortamına aktarılmıştır. Derin öğrenme eğitimi için oluşturulan veri seti, görüntü işleme ile nesne tespiti yapan YOLOv4 derin öğrenme mimarisi kullanılarak eğitilmiştir. Eğitilen ağ ile dijital ortamdan elde edilen video görüntüdeki insan objeleri farklı sis hava koşulları için tespit edilmiştir. Uygulana yol haritası Şekil 6' de verilmiştir.



Şekil 6. Çalışmada takip edilen yol haritası

Çalışmada İHA modeli olarak DJI F450 gövde modeli seçilmiştir. Bu model için hazır kitler satıldığı ve kurulumu kolay olduğundan gerçek test ortamlarında kullanıma daha elverişlidir. Bu sebeple araştırmacılar tarafından test ortamlarında kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada dijital ikiz modeli olarak kullanılmıştır. İHA ile ilgili parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. DJI F450 gövde İHA parametreleri

Parametre	Değer	Sembol
Motor kol uzunluğu	225 mm	L
İtke katsayısı	0.0087	Kth
Sürükleme katsayısı	0.0055×10^{-2}	kd
Toplam kütle	1.776 kg	m
Atalet momenti	0.0035; 0.0035; 0.0055 kg.m ²	I _x , I _y , I _z
Motor momenti	2.8×10^{-6} kg.m ²	Jr

Veri setine etiketleme işlemi yapıldıktan sonra 2000 adet etiketlenmiş resim yardımcı kod yardımıyla rastgele olarak %10 kontrol için, %60 eğitim ve geri kalan %30 kısımda test için ayrılmıştır (Bochkovskiy vd., 2020). Daha sonra eğitim için ayrılan veriler ağ eğitimi için Matlab “yolov4ObjectDetector” fonksiyonuna argüman olarak verilmiştir. YOLOv4 tespit fonksiyonu veri giriş boyutu almaktadır. Bilgisayar grafik kartının kapasitesi düşünülerek giriş veri seti boyutu 224x224 piksel seçilmiştir. YOLOv4 fonksiyonuna önceden eğitilmiş ağ modeli eklenmiştir. Bu model “csp-darknet53-coco” olarak seçilmiştir. Tespit modeli oluşturulduktan sonra ağın eğitilmesi için gerekli özellik parametreleri belirlenmiştir. Çözücü olarak “Adam” hızlı olduğu için seçilmiştir. Öğrenme oranı 0.001 ve maksimum dönem zamanı olarak 100 seçilmiştir. Tüm özellik parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

YOLOv4 fonksiyonu eğitimi Intel Xenon W-1270 3.40GHz 8 çekirdekli işlemci, 32 GB ram, Nvidia Quadro P2200 5 GB CUDA destekli ekran kartı ve SSD destekli bir masaüstü bilgisayar ortamında yapılmıştır. Toplam ağ eğitim süresi yaklaşık olarak 12 saat sürmüştür. Ağ eğitimi tamamlandıktan sonra önceden hazırlanmış sanal test ortamında ağın başarımları test edilmiştir. Sanal test ortamında arazi koşullarında ortam yerleştirilen asker figürleri farklı sis hava koşullarına göre önceden eğitilen ağ ile tespit edilmek istenmiştir. Biri normal güneşli bir

hava koşusu olmak üzere, üç farklı sis hava koşuluyla beraber toplamda 4 farklı hava senaryosu tasarlanmıştır. Bu senaryolara ek olarak İHA üzerinden alınan görüntünün asker figürlerine olan mesafesi düşünülerek iki farklı uzaklıktan alınan görüntüler de değerlendirilmiştir. Ortam koşulları her iki mesafedeki resimlerde de aynıdır. 4 farklı hava koşulu için parametreler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. YOLOv4 eğitim fonksiyonu özellik parametreleri

Parametre	Değer
Çözücü	Adam
Gradyan Bozunma Faktörü	0.9
Kare Gradyan Bozunma Faktörü	0.999
Başlangıç Öğrenme Oranı	0.001
En Düşük Alt Örnek Sayısı	4
Maksimum Evre Sayısı	100

Tablo 3. Ortamdaki hava koşulları için parametreler

Sis Efekt	Güneşli Hava	Sisli Hava 1	Sisli Hava 2	Sisli Hava 3
Sis 1 yoğunluğu	Sis efekti güneşli hava koşulunda modele eklenmemiştir	0.01	0.01	0.01
Sis 1 yükseklik düşüşü		0.001	0.001	0.001
Sis 2 yoğunluğu		0.01	0.01	0.01
Sis 2 yükseklik düşüşü		0.001	0.001	0.001
Sis 2 yükseklik ofset		0	0	0
Sis rengi		Beyaz	Beyaz	Beyaz
Sis maksimum saydamlık		1	1	1
Başlangıç Mesafe		0	0	0
Sis Kesme Mesafesi		0	0	0
Görüş Mesafesi (metre)		1000	3000	10000

Ortamdaki sis koşullarını benzetmede görüş mesafesi parametresi kullanılmıştır. Bu parametre değeri arttıkça görüş azalmaktadır. Örneğin görüş mesafesini 1000 metreden 3000 metreye çıkardığımızda 3000 metre içinde görüşü azaltmış ve daha sisli bir ortam tasarlanmış olmaktadır. Bu şekilde sırasıyla 1000, 3000 ve 10000 metre olarak bu parametre ayarlanmış ve sis hava koşulunda ortamlar sağlanmıştır. Ayrıca İHA 37 metre yükseklikte uçmakta ve uçuş yüksekliği sabit kalmaktadır. İHA üzerinde sanal olarak oluşturulan kamera 720x1280 piksel görüntü almakta ve sadece "Pitch" ekseninde aşağıya doğru 20 derece olarak sabitlenmiştir.

3.2. Deneysel Bulguları

Yapılan deney sonucunda sanal olarak Unreal oyun motorunda oluşturulan uçuş ortamından 4 farklı hava koşulu ve bu hava koşullarını içeren iki farklı açıdan alınan görüntüler YOLOv4 ile eğitilen model üzerinde test edilmiştir. Birinci açıda elde edilen test sonuçları Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7'de görüldüğü üzere A durumunda güneşli hava, B, C ve D durumlarında ise sırasıyla 1000, 3000 ve 10000 metre görüş mesafeli sisli hava için test sonuçları görülmektedir. Güneşli havada asker figürü tespitinde ağ hem daha fazla nesne tespit etmiş hem de yüksek doğruluk değerine ulaşmıştır. En yüksek doğruluk değeri bu resim karesi için %91.7 olmuştur. Sisli hava koşullarındaki resim karelerinde görüldüğü üzere sis etkisi arttıkça nesne tespit sayısı ve doğruluk oranları düşmektedir. Hatta D durumunda hiçbir asker figürü tespit edilememiştir. İkinci olarak başka bir kamera açısından alınan görüntü sonuçları Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Uzak kamera açısında 4 farklı hava koşulu için nesne tespit sonuçları



Şekil 8. Yakın kamera açısında 4 farklı hava koşulu için nesne tespit sonuçları

Yakın kamera açısı testinde de A,B,C ve D seçenekleri test edilmiştir. Yakın kamera açısında doğruluk oranlarının uzak kamera testindekinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Fakat burada da sisli hava şiddeti arttıkça nesne tespit sayısının ve oranlarının düştüğü gözlemlenmektedir. Yakın açıda en şiddetli durum olan D seçeneğinde nesne tespiti yapılabilmektedir. En yüksek doğruluk oranı güneşli ortam olan A seçeneğinde %94.8 olarak bulunmuştur.

4. Sonuç

Yapılan çalışmada dijital ikiz kavramı doğrultusunda bir insansız hava aracının dinamik yapısı ve uçuş ortamı oluşturulmuştur. Ayrıca İHA üzerinde modellenen kamera sayesinde uçuş ortamından görüntüler elde edilmiştir. Hem dinamik tarafta hem de sentetik ortamın yapılmasıyla gerçek test maliyetlerinden kaçınılmıştır. Eğitilen ağın başarımı gene bu sentetik ortamdan alınan görüntüler üzerinde denenmiştir. Bu sayede birçok deneme ve yanılma

yapma fırsatı oluşturulmuştur. Farklı hava koşullarının nesne tespiti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sis miktarının artmasıyla nesne tespitinde düşüş olduğu görülmüştür. Tasarlanan dijital ikiz ortamı bundan sonraki çalışmalarda da kullanılabileceği için geliştirme zamanında da önemli ölçüde kazanımlar sağlanmıştır. İleriki çalışmalarda bu ortamdan faydalanılarak görüntü ile güdüm, sürü İHA gibi birçok çalışma konuları çalışılacaktır. Ayrıca bu çalışmada olmayan yükseklik değişimi, karlı ve yağmurlu hava gibi değişkenlerde de nesne tespit çalışmaları yürütülecektir.

5. Kaynaklar

- Ashkir I, Roullier B, McQuade F, and Anjum A. (2021). 3D object recognition for virtual reality based digital twins. *IEEE/ACM 8th International Conference on Big Data Computing, Applications and Technologies*. United Kingdom, pp.9–17.
- Bochkovskiy A, Wang C, & Liao H.M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *Computer Science ArXiv abs/2004.10934*.
- Fränti P, and Sieranoja S. (2018). K-means properties on six clustering benchmark datasets. *Applied Intelligence* 48: 4743–4759.
- Hazbon O, et al. (2019). Digital twin concept for aircraft system failure detection and correction. *AIAA Aviation 2019 Forum*, Texas, pp.2019-2887.
- Hendrik M, Ann-Kathrin Koschlik, and Raddatz F. (2022). Digital twin concept for aircraft components. 33rd Congress of The International Council of The Aeronautical Sciences, ICAS 2022. Sweden, ISSN 2958-4647.
- Meng W. et al. (2023). DTUAV: a novel cloud-based digital twin system for unmanned aerial vehicles. *Simulation* 99(1): 69-87.
- Lee Eung-Joo et al. (2021). Validation of object detection in UAV-based images using synthetic data. *Proc. SPIE* 11746: 584-601
- Lei L, Shen G, Zhang L, and Li Z. (2021). Toward intelligent cooperation of uav swarms: when machine learning meets digital twin. *IEEE Network* 35(1): 386-392.
- Li L, Aslam S, Wileman A, and Perinpanayagam S. (2022). Digital Twin in Aerospace Industry: A Gentle Introduction. *IEEE Access* 10: 9543-9562.
- Redmon J, and Farhadi A. (2016). YOLO9000: Better, Faster, Stronger. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.6517-6525.
- Shah S, Dey D, Lovett C, & Kapoor A. (2018). AirSim: High-Fidelity Visual and Physical Simulation for Autonomous Vehicles. *Field and Service Robotics. Springer Proceedings in Advanced Robotics* 5: 621-635.
- Yang Y, Meng W, and Zhu S. (2020). A Digital Twin Simulation Platform for Multi-rotor UAV. 7th International Conference on Information, Cybernetics, and Computational Social Systems, China, pp.591-596.
- Zhou X. et al. (2022). Intelligent Small Object Detection for Digital Twin in Smart Manufacturing With Industrial Cyber-Physical Systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 18(2) :1377-1386.
- Zweber J.V, Kolonay R.M, Kobryn P, and Tuegel E.J. (2017). Digital Thread and Twin for Systems Engineering: Requirements to Design. 55th AIAA Aerospace Sciences Meeting, pp.0875