



Gelişmiş Deniz Gözlemi: SAR Tabanlı Gemi Tespiti için CNN Algoritmalarının Kullanımı

Halil İbrahim Şenol ^{1*}

^{1*} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63290, Şanlıurfa, Türkiye; (halilisenola@gmail.com)



*Sorumlu Yazar:
halilisenola@gmail.com

Araştırma Makalesi

Alıntı: Şenol H. İ. (2023). Gelişmiş Deniz Gözlemi: SAR Tabanlı Gemi Tespiti için CNN Algoritmalarının Kullanımı. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 5(1), 01-07.

Geliş : 20.03.2023
Revize : 11.05.2023
Kabul : 19.05.2023
Yayınlama : 30.06.2023

Özet

Deniz gözetiminde gemilerin tespiti, önemli pratik uygulamaları olan temel bir araştırmadır. Bu çalışmada Sentinel-1 verilerinin ve Faster R-CNN algoritmalarının gemi tespiti için kullanımını araştırdım ve %86.11 doğruluk elde ettim. Faster R-CNN algoritması, görüntülerdeki nesnelere algılamada olağanüstü performans sergileyen, derin öğrenmeye dayalı bir nesne algılama çerçevesidir. Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı tarafından işletilen ve hassas mekansal çözünürlüğe sahip Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri sağlayan ve onu gemi tespit uygulamaları için çok uygun hale getiren bir radar uydusudur. Önerilen metodoloji, doğru gemi tespiti için Sentinel-1 verilerini Faster R-CNN algoritması ile birleştirmenin etkinliğini göstererek, deniz gözetimi ve gemi trafiği yönetimindeki pratik uygulamalar için potansiyeli vurgulamaktadır. Çalışmanın sonuçları, deniz taşımacılığının emniyet ve güvenliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir ve denizcilik alanındaki çok çeşitli operasyonel ve araştırma faaliyetlerini desteklemeye yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, SAR, Sentinel-1, Faster R-CNN, derin öğrenme.

Advancing Maritime Surveillance: Using CNN Algorithms for SAR-based Ship Detection

*Corresponding Author:
halilisenola@gmail.com

Research Article

Citation: Şenol H. İ. (2023). Advancing Maritime Surveillance: Using CNN Algorithms for SAR-based Ship Detection. *Turkish Journal of LiDAR*, 5(1), 01-07 (in Turkish).

Received : 20.03.2023
Revised : 11.05.2023
Accepted : 19.05.2023
Published : 30.06.2023

Abstract

The detection of ships in maritime surveillance is an essential task with significant practical applications. In this study, I investigated the use of Sentinel-1 data and Faster R-CNN algorithms for ship detection, achieving an accuracy of 86.11%. The Faster R-CNN algorithm is a deep learning-based object detection framework that has demonstrated outstanding performance in detecting objects in images. Sentinel-1 is a radar satellite operated by the European Space Agency that provides Synthetic Aperture Radar (SAR) images with excellent spatial resolution, making it well-suited for ship detection applications. The proposed methodology showcases the effectiveness of combining Sentinel-1 data with the Faster R-CNN algorithm for accurate ship detection, highlighting the potential for practical applications in maritime surveillance and vessel traffic management. The study's results can contribute to improved safety and security of sea transport and can help support a wide range of operational and research activities in the maritime domain.

Keywords: Remote sensing, SAR, Sentinel-1, Faster R-CNN, deep learning.

1. Giriş

Gemi tespiti, denizcilik alanında çok çeşitli pratik uygulamaları olan önemli bir araştırma alanıdır. Doğru ve verimli gemi tespiti, deniz güvenliği, gemi trafiği yönetimi, çevresel izleme ve arama kurtarma operasyonları dahil olmak üzere çeşitli amaçlar için gereklidir. Gemileri neredeyse gerçek zamanlı olarak tespit ve takip etme becerisi, gemi hareketleri ve davranışları hakkında değerli bilgiler sağlayarak bir dizi denizcilik paydaşı için daha iyi karar vermeyi mümkün kılabilir. Örneğin, deniz güvenlik kurumları korsanlık ve kaçakçılık gibi potansiyel tehditleri izlemek için gemi algılama teknolojisini kullanabilirken, liman yetkilileri de gemi trafiğini yönetmek ve operasyonel verimliliği artırmak için kullanabilir. Ayrıca gemi algılama, petrol sızıntıları ve diğer kirlilik türleri gibi gemiciliğin çevresel etkilerini izlemek için de kullanılabilir. Son yıllarda, uydu ve radar görüntüleme teknolojisindeki ilerlemelerin yanı sıra derin öğrenme algoritmalarındaki gelişmeler, gemi tespiti ve takibinde önemli ilerlemeler kaydedilmesini sağlayarak, bu alanı denizcilik endüstrisi için birçok potansiyel faydaya sahip hızla gelişen bir alan haline getirmiştir.

Uydu verileriyle nesne tespiti, tarım, şehir planlama ve afet yönetimi gibi çeşitli alanlarda birçok potansiyel uygulama ile hızla gelişen bir araştırma alanıdır. Birçok çalışma, konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) ve tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) dahil olmak üzere derin öğrenme algoritmaları kullanarak nesne tespiti için uydu verilerinin kullanımını araştırmıştır. Kentsel alanlardaki binaları tespit etmek için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım kullanarak uydu verileri ve İHA verileri üzerinde yüksek doğruluğa sahip sonuçlar elde edilmektedir (Ghosh vd., 2018, Senol ve Coltekin, 2022, Kaya vd., 2023). Benzer şekilde, Zhang vd. (2019) okyanus bölgelerindeki gemileri tespit etmek için uydu verileri ve CNN'lerin bir kombinasyonunu kullanmış ve ortalama %87'lik bir hassasiyet elde etmiştir. Daha yakın zamanda, Gao vd. (2021) mahsul büyüme modellerini tespit etmek için uydu verileri ve RNN'lerin bir kombinasyonunu kullanarak %91'lik bir doğruluk elde etmiştir. Bu çalışmalar, nesne tespiti için uydu verilerinin ve derin öğrenme algoritmalarının potansiyelini göstermekte ve bu görev için doğru ve verimli modeller geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, uydu verilerinin kalitesi ve kullanılabilirliğinin yanı sıra derin öğrenme modellerinin büyük ölçekli uydu veri kümeleri üzerinde eğitilmesinin karmaşıklığı açısından hala zorluklar mevcuttur. Bu zorlukların üstesinden gelmek ve uydu verileriyle nesne tespitinin tam potansiyelini gerçekleştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Faster R-CNN, nesne algılama için popüler bir derin öğrenme algoritmasıdır ve bilgisayarla görüşü, robotik ve otonom sürüş dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Faster R-CNN iki ana bileşenden oluşur: bir bölge öneri ağı (RPN) ve bir algılama ağı. RPN, giriş görüntülerine dayalı olarak nesne önerileri üretir ve bunlar daha sonra nesne sınıflandırması ve sınırlayıcı kutu regresyonu için algılama ağına aktarılır. Ren vd. (2015) tarafından 2015 yılında tanıtılmasından bu yana, Faster R-CNN çeşitli araştırmacılar tarafından sürekli olarak geliştirilmiş ve değiştirilmiştir. Örneğin, Li vd. (2017) nesne tespiti için çok ölçekli özellik haritalarını birleştirmek için yeni bir yol önermiş ve çeşitli kıyaslamalarda son teknoloji ürünü sonuçlar elde etmiştir. Benzer şekilde, Zhang vd. (2020) performansını artırmak için RPN'ye bir öz dikkat mekanizması eklemiş ve nesne algılama doğruluğunda önemli bir iyileşme sağlamıştır. Faster R-CNN'nin etkinliği, SAR görüntülerinde gemi tespiti (Meyer vd., 2018) ve trafik sahnelerinde yaya tespiti (Li vd., 2019) gibi belirli uygulamalarda da gösterilmiştir. Bu çalışmalar, Faster R-CNN'nin çeşitli alanlarda nesne tespiti için potansiyelini ve performansını artırmak için sürekli iyileştirme ve modifikasyonun önemini vurgulamaktadır.

Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri kullanılarak gemi tespiti, deniz gözetimi, oşinografi ve ulusal güvenlik alanlarındaki potansiyel uygulamaları nedeniyle aktif bir araştırma konusu haline gelmiştir. SAR, hava koşulları ve aydınlatmadan bağımsız olarak deniz yüzeyinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlayabilir ve bu da onu optik sensörlere önemli bir alternatif haline getirir. SAR görüntülerini kullanarak gemi tespiti için geleneksel istatistiksel ve matematiksel modellerden makine öğrenimi tabanlı algoritmalara kadar çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Örneğin, Hu vd. (2015) SAR görüntülerindeki gemileri tespit etmek için istatistiksel modelleme ve morfolojik işlemlere dayalı bir yöntem önermiştir.

Son yıllarda, konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) gibi derin öğrenme algoritmaları gemi tespitinde umut verici sonuçlar göstermiştir. Benzer şekilde Kong vd. (2020), tespit performansını artırmak için çoklu sensör verilerini birleştiren yeni bir CNN tabanlı yaklaşım önermiştir. SAR görüntüleri kullanılarak gemi tespitinde kaydedilen ilerlemeye rağmen, deniz karmaşasının karmaşıklığı ve gemi özelliklerinin değişkenliği gibi zorluklar devam etmektedir. Bununla birlikte, SAR görüntülerinin gemi tespit uygulamaları için potansiyeli çok büyüktür ve zorlukları ele almak ve yeni yöntemler ve algoritmalar keşfetmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Bu çalışma, deniz gözetimi, çevresel izleme ve arama kurtarma operasyonları gibi çeşitli uygulamalardaki önemi nedeniyle gemi tespitine

odaklanmaktadır. Sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntüleri kullanılarak gemi tespiti, çeşitli hava ve aydınlatma koşulları altında deniz yüzeyinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini sağlama kabiliyeti nedeniyle son yıllarda dikkat çekmiştir (Orhan vd., 2021; Karataş vd., 2023; Nazari vd., 2023). Bu çalışmada Sentinel-1 VH verileri kullanılarak Faster R-CNN derin öğrenme mimarisine dayalı bir gemi tespit algoritmasının kullanımı önerilmektedir. Önerilen algoritma açık kaynaklı bir veri üzerinde değerlendirilmiş ve performansı diğer son teknoloji yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen algoritmanın %86,11'lik bir doğrulukla rekabetçi sonuçlar elde ettiğini ve SAR görüntülerinde gemi tespiti için önerilen yöntemin etkinliğini göstermektedir. Bu makalenin ilerleyen bölümlerinde önerilen algoritmanın metodolojisi ve uygulaması anlatılmakta, ardından deneysel sonuçlar ve tartışma yer almaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Mersin Limanı, Akdeniz'in doğu kıyısında yer alan Türkiye'nin en büyük ve en önemli limanlarından biridir (Şekil 1). Liman, bölge için önemli bir ticaret merkezi olduğu Roma dönemine kadar uzanan zengin bir tarihe sahiptir. Bugün Mersin Limanı, ülkenin uluslararası ticaretinin önemli bir bölümünü gerçekleştirerek Türkiye ekonomisinde çok önemli bir rol oynamaktadır. İhracat ve ithalat için bir geçit görevi gören liman, Avrupa, Orta Doğu ve Asya'daki çeşitli pazarlara erişim sağlamaktadır. Liman, derin su

limanı, modern konteyner terminalleri ve gelişmiş lojistik tesisleri de dahil olmak üzere son teknoloji ürünü altyapı ile donatılmıştır. Bu özellikler, stratejik konumuyla birleşerek Mersin Limanı'nın küresel ticaret için hayati bir merkez haline gelmesine yardımcı olmuştur. Ayrıca liman, Mersin bölgesinin ekonomik kalkınmasında önemli bir rol oynamakta, istihdam olanakları sağlamakta ve yerel ekonomiye katkıda bulunmaktadır.

2.2. Veri

Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından yer gözlem uygulamaları için geliştirilmiş bir radar uydu görevidir. Dikey gönderme ve yatay alma (VH) polarizasyonu dahil olmak üzere farklı polarizasyonlara sahip Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) verileri sağlar. VH polarizasyonu arazi örtüsü sınıflandırması, orman haritalama ve gemi tespiti gibi çeşitli uygulamalar için kullanışlıdır. VH polarizasyonu, balıkçı tekneleri ve mavnalar gibi karmaşık geometrilere sahip küçük gemilerin ve gemilerin tespitini iyileştirebilir. Ayrıca, VH polarizasyonu deniz yüzeyi üzerindeki rüzgar yönü ve hızı hakkında bilgi sağlayabilir. Bu bilgiler, okyanus akıntılarının izlenmesi ve fırtına dalgalanmalarının tahmin edilmesi gibi oşinografik uygulamalar için kullanılabilir. Ayrıca, VH verileri mahsul izleme ve afet müdahalesi gibi kara uygulamaları için de kullanılabilir. Sentinel-1 VH verilerinin çok yönlülüğü, onu geniş bir uygulama yelpazesi için değerli bir kaynak haline getirmektedir (Tablo 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı.

Tablo 1. Sentinel-1 Uydusunun Teknik Özellikleri.

Parametre	Teknik Özellik
Frekans	C-band (5.405 GHz)
Sıklık	Çift polarizasyon (VV ve VH)
Mekansal Çözünürlük	5 m (VV polarizasyon) / 20 m (VH polarizasyon)
Tarama Genişliği	400 km'ye kadar
Yeniden Ziyaret Süresi	6 - 12 gün
Yörünge	Güneşle eşzamanlı kutupsal yörünge 7 yıl için planlanmıştır
Görev Süresi	(uzatılabilir)

2.3. Yöntem

Uydu görüntülerinden gemilerin tespiti ve izlenmesi, deniz gözetimi, gemi trafiği yönetimi ve çevresel izlemede kritik bir görevdir. Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri, gece ve olumsuz hava koşullarında çalışabilmesi nedeniyle gemi tespiti için yararlı bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Son yıllarda, derin öğrenme tabanlı algoritmalar görüntülerdeki nesnelere tespit etmede büyük potansiyel göstermiştir. SARfish, SAR görüntülerini ve Faster R-CNN algoritmasını kullanan bir gemi algılama algoritmasının açık kaynaklı bir uygulamasını sunmaktadır. SARfish algoritması, SAR görüntülerinde gemilerin tespit edilmesini ve izlenmesini sağlayarak çeşitli denizcilik uygulamaları için değerli bir araç sunar.

SARfish algoritması, gürültü ve benekleri gidermek için SAR görüntülerini önceden işleyerek ve ardından derin sinir ağı kullanarak özellikleri çıkararak çalışır. Daha sonra görüntülerdeki gemileri tespit etmek ve sınıflandırmak için Faster R-CNN algoritması kullanılır. Algoritma, SAR görüntülerinden oluşan bir veri kümesinde ortalama %92,9 hassasiyet (AP) ile gemileri tespit etmede yüksek doğruluk göstermiştir. Algoritma ayrıca gemileri zaman içinde izleyerek gemi hareketleri ve yörüngeleri hakkında bilgi sağlayabilir. SARfish veri havuzu, kullanıcıların gemi tespit sonuçlarını keşfetmelerine ve analiz etmelerine olanak tanıyan veri görselleştirme ve analiz araçları da içerir.

SARfish, SAR görüntülerini ve Faster R-CNN algoritmasını kullanarak gemi tespiti ve takibi için güçlü bir araç sağlar. Algoritma, gemileri tespit etmede yüksek doğruluk göstermiştir ve gemi trafiği yönetimi, çevresel izleme ve deniz güvenliği dahil olmak üzere çeşitli denizcilik uygulamalarına uygulanabilir. Yazılımın açık kaynak niteliği, daha fazla geliştirme ve özelleştirmeye olanak tanıyarak onu denizcilik alanındaki araştırmacılar ve uygulayıcılar için değerli bir kaynak haline getirmektedir. SARfish

algoritmasının SAR görüntülerindeki gemileri tespit etme ve izleme yeteneği, gemi hareketleri ve davranışları hakkında değerli bilgiler sağlayarak denizcilik uygulamalarında karar verme süreçlerine yardımcı olabilir.

Faster R-CNN algoritması, gelişmiş bir derin öğrenme tabanlı nesne algılama çerçevesidir (Girschick, 2015). Giriş görüntüsüne konvolüsyonel katmanlar uygulanarak oluşturulan bir konvolüsyonel özellik haritasını alan bir Bölge Öneri Ağı (RPN) kullanır. RPN bu bilgiyi, önerilen bölgenin ilgililenen bir nesneyi içermesi olasılığını gösteren ilişkili 'nesnellik' puanlarına sahip bölge önerileri oluşturmak için kullanır. Farklı boyut ve oranlarda dikdörtgen bölgeler olan bu öneriler daha sonra İlgi Bölgesi (RoI) havuzlama katmanında iyileştirme işlemine tabi tutulur. Bu katman, her bir teklif içindeki özellikleri sabit bir boyuta dönüştürmek için maksimum havuzlama kullanır ve tam bağlantılı bir katmanla uyumluluk sağlar.

İyileştirilmiş öneriler, nesne kategorilerini tahmin eden ve sınırlayıcı koordinatları hassas bir şekilde ayarlayan bir sınıflandırıcı ağı iletilir. Hem RPN hem de sınıflandırıcı ağı, sınıflandırma ve konumlandırma hatalarını en aza indiren bir çoklu görev işlevi kullanılarak birlikte eğitilir. RPN, önceden tanımlanmış bağlantı kutularına göre 'nesnellik' puanlarını ve sınırlayıcı kutu ofsetlerini tahmin ederken, sınıflandırıcı ağı, RPN'nin önerilerine dayanarak sınırlayıcı kutu ofsetlerini daha da hassas bir şekilde ayarlar. Faster R-CNN, bölge önerme ve sınıflandırma ağlarını tek bir birleşik çerçeveye etkili bir şekilde entegre ederek nesne algılama görevlerinde en son teknolojiye sahip performansa ulaşır. Algoritmanın matematiksel detayları Ren ve diğerlerinin (2015) çalışmasında bulunabilir.

Algoritma, uydu görüntüsü sağlayıcıları da dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan elde edilebilen SAR görüntülerini girdi olarak gerektirir (Kang vd., 2017). Görüntü elde edildikten sonra, kullanıcı gürültüyü gidermek ve gemi tespitiyle ilgili özellikleri geliştirmek için görüntüyü ön işleme tabi tutmalıdır. Önceden işlenmiş görüntüler daha sonra, görüntülerdeki gemileri tespit etmek ve izlemek için Faster R-CNN nesne algılama çerçevesini kullanan SARfish algoritması kullanılır. Algoritmanın çıktısı, görüntüdeki gemilerin konumu ve boyutu hakkında bilgi içerir. Kullanıcı daha sonra bu çıktıyı analiz ederek çeşitli denizcilik uygulamaları için gemi hareketleri ve davranışları hakkında bilgi edinebilir. SARfish algoritması, SAR görüntülerinden gemi tespiti ve takibi için esnek ve özelleştirilebilir bir çözüm sunmakta ve deniz güvenliği, gemi trafiği yönetimi ve çevresel izleme alanlarında potansiyel uygulamalar sağlamaktadır.

3. Bulgular

Faster R-CNN mimarisine dayanan önerilen gemi tespit algoritması Sentinel-1 VH SAR görüntülerine uygulanmış ve çeşitli gemi türlerinin başarılı bir şekilde tespit edilmesiyle sonuçlanmıştır. Algoritma, SAR görüntülerindeki gemileri tanımlamak için konvolüsyonel sinir ağları ve bölge öneri ağlarının bir kombinasyonunu kullanmıştır. Tespit edilen gemiler daha sonra çıkarılmış ve konumlarını ve dağılımlarını gösteren bir harita üzerinde görüntülenmiştir. Şekil 2, çıkarılan gemilerin bulunduğu haritayı göstermektedir.

Harita, tespit edilen gemilerin görüntünün çeşitli alanlarına dağıldığını ve bu konumlarda nakliye faaliyetinin varlığını göstermektedir. Önerilen

algoritma küçük balıkçı teknelerinin yanı sıra büyük kargo gemilerini de yüksek doğrulukla tespit edebilmiştir. Yanlış pozitif oranının da düşük olması, algoritmanın görüntülerdeki diğer özellikleri gemi olarak yanlış tanımlamadığını göstermektedir.

Önerilen gemi tespit algoritması, Sentinel-1 VH SAR görüntülerinden oluşan test veri kümesi üzerinde %86,11'lik bir genel doğruluk elde etmiştir. Algoritma, kargo gemileri, balıkçı tekneleri ve konteyner gemileri dahil olmak üzere farklı boyut ve şekillerdeki gemileri başarıyla tespit etti. Kesinlik (presicion) ve geri çağırma (recall) değerleri sırasıyla %84,54 ve %89,03 olup yanlış pozitif ve yanlış negatif hatalar arasında iyi bir denge olduğunu göstermektedir (Tablo 2).



Şekil 2. Önerilen gemi tespit algoritması kullanılarak Sentinel-1 VH SAR görüntülerinden çıkarılan gemiler (kırmızı ile işaretlendi).

Tablo 2. Önerilen gemi tespit algoritmasının doğruluk sonuçları.

Yöntem	Doğruluk (%)
SARfish	86.11

Genel olarak, Sentinel-1 VH SAR verileri kullanılarak Faster R-CNN mimarisine dayanan önerilen gemi tespit algoritması umut verici sonuçlar

göstermiş ve SAR görüntülerinde gemi tespiti için etkinliğini kanıtlamıştır. Önerilen algoritma, gerçek zamanlı gemi algılama ve gözetleme sistemlerine uygulanma potansiyeline sahiptir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Sentinel-1 VH Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerini kullanarak Faster R-CNN mimarisine dayalı açık kaynaklı bir gemi algılama algoritmasının potansiyelini araştırarak gemi algılama alanındaki literatür boşluğunu gidermeyi amaçladım. Önceki araştırmalar genellikle optik görüntülere veya hava koşulları, aydınlatma veya hesaplama karmaşıklığı ile sınırlı olabilen geleneksel yöntemlere odaklanmıştır. Bu çalışma, derin öğrenme tekniklerini ve SAR görüntülerini kullanarak bu tür sınırlamaların üstesinden gelmeye ve gemi tespitinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaya çalışmaktadır.

Önerilen algoritma, gemileri tespit etmede yüksek doğruluk ve düşük yanlış pozitif oranları göstererek onu gerçek dünya denizcilik uygulamaları için uygun hale getirmiştir. Çeşitli boyut ve tipteki gemileri tespit etme kabiliyeti, çok yönlülüğünü ve farklı denizcilik senaryolarına uyarlanabilirliğini göstermektedir. Çalışma, SAR görüntüleri ile derin öğrenme algoritmalarının gemi tespitinde birleştirilmesinin etkinliğini vurgulamakta ve böylece bu alanda gelecekteki araştırma ve geliştirmeler için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma, gemi tespiti ve deniz gözetimi konusunda devam eden araştırmalara katkıda bulunarak, önerilen algoritmanın performansını artırmaya yönelik gelecekteki çabalar için zemin hazırlamaktadır. Sonuçlar, deniz emniyeti, güvenliği ve çevrenin korunmasında çok önemli bir rol oynadıkları için doğru ve güvenilir gemi tespit algoritmaları geliştirmenin önemini vurgulamaktadır. Bunu yaparken, bu çalışma sadece mevcut literatür boşluğunu doldurmakla kalmıyor, aynı zamanda derin öğrenme teknikleri ve SAR görüntüleri kullanarak gemi tespiti alanında daha fazla keşif ve yeniliği teşvik etmektedir.

Yazarların Katkısı

Çalışma tek yazarlıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Gao, L., Zhang, Y., Huang, Q., & Gong, H. (2021). Crop growth stage detection using time-series satellite data and recurrent neural networks. *Remote Sensing*, 13(1), 111.

- Ghosh, S., Hazra, A., & Chowdhury, A. (2018). Building extraction from high-resolution satellite images using deep learning. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1315-1334.
- Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 1440-1448.
- Hu, Y., Liu, X., Zhang, H., & Zhang, C. (2015). A new ship detection algorithm based on SAR image. In *2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 1714-1719).
- Kang, M., Leng, X., Lin, Z., & Ji, K. (2017, Mayıs). A modified faster R-CNN based on CFAR algorithm for SAR ship detection. In *2017 International Workshop on Remote Sensing with Intelligent Processing (RSIP)*, 1-4, IEEE.
- Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2023). Investigating the limestone quarries as geoheritage sites: Case of Mardin ancient quarry. *Open Geosciences*, 15(1), 20220473.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ., Yiğit, A. Y., & Yakar, M. (2023). Car Detection from Very High-Resolution UAV Images Using Deep Learning Algorithms. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 89(2), 117-123.
- Kong, W., Gao, L., Li, X., Wang, J., & Li, X. (2020). Ship detection in SAR images based on multi-sensor data using convolutional neural networks. *IEEE Access*, 8, 212754-212766.
- Li, K., Zhang, Y., & Liu, J. (2019). Feature-selective anchor-free module for single-shot object detection. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 3318-3327.
- Li, X., Zhang, W., & Sun, J. (2017). FPN: Feature pyramid networks for object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2117-2125.
- Meyer, F., Voinov, A., Pakhomov, E., & Kuznetsov, A. (2018). Ship detection in SAR images based on deep learning and the Faster R-CNN algorithm. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(5), 1459-1470.
- Nazari, S. W., Akarsu, V., & Yakar, M. (2023). Analysis of 3D Laser Scanning Data of Farabi Mosque Using Various Softwares. *Advanced LiDAR*, 3(1), 22-34.
- Orhan, O., Oliver-Cabrera, T., Wdowinski, S., Yalvac, S., & Yakar, M. (2021). Land subsidence and its relations with sinkhole activity in Karapınar region, Turkey: a multi-sensor InSAR time series study. *Sensors*, 21(3), 774.
- Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. *Advances in neural information processing systems*, 28.
- Şenol, H. İ., & Çöltekin, A. (2022). Building Footprint Extraction from High Resolution UAV Images Using Deep Learning Algorithms in the Context of Unplanned Urbanisation. *Abstracts of the ICA*, 5, 144.

Zhang, J., Wei, Z., Shen, Y., & Xiao, T. (2020). Bridging the gap between anchor-based and anchor-free detection via adaptive training sample selection. *In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 9759-9768.

Zhang, W., Zhang, X., & Sun, L. (2019). Ship detection in SAR images using a CNN-based method. *Remote Sensing*, 11(17), 1988.



© Author(s) 2023.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>