ByteTrack Algoritmasının Hareketli Arka Planlarda Nesne Takibi Performansı

# 1. Akademik Kaynaklar

ByteTrack, tespit tabanlı çoklu nesne takibi (MOT) alanında 2022 yılında önerilen bir algoritmadır. Temel yeniliği, tespit güven skoru düşük olan nesneleri dahi takip ilişkisine dahil etmesidir. Çoğu takip-by-detection yöntemi yalnızca yüksek skorlu tespitleri eşleştirirken, ByteTrack hem yüksek hem düşük skorlu tespit kutularını iki aşamalı bir eşleştirme ile değerlendirir. Bu sayede düşük skorlu (ör. kısmen örtülmüş) nesneler takipte tutularak iz sürekliliği artırılır.  
  
ByteTrack, MOT17 insan takip test veri setinde %80.3 MOTA ve %77.3 IDF1 başarımıyla o dönemki en yüksek doğruluğa ulaşmış ve ~30 FPS gerçek zamanlı hız elde etmiştir. Aynı çalışma ByteTrack’in MOT20, HiEve ve BDD100K gibi veri setlerinde de güncel yöntemleri geride bıraktığını raporlamıştır. Özellikle BDD100K gibi hareketli kamera içeren veri setinde de yüksek doğruluk göstermesi, ByteTrack’in bazı dinamik arka plan koşullarında da başarılı olabildiğini ortaya koymuştur.  
  
Ancak VisDrone2019 gibi drone tabanlı veri setlerinde %33.7 gibi daha düşük MOTA skorları elde edilmiştir. Bu, küçük ölçekli nesneler ve karmaşık arka planların, ByteTrack’in yalnızca konum tabanlı eşleştirme yaklaşımını zorladığını gösterir. Ayrıca, doğrusal hareket modeli (Kalman filtresi) kamera ve nesne ani hareketlerinde yetersiz kalabilmektedir.  
  
Bu sorunları aşmak için geliştirilen BoT-SORT, ByteTrack’e ReID özellikleri entegre ederek daha iyi eşleştirme yapmayı hedeflemiştir. Ayrıca, NGCTrack gibi algoritmalar kamera hareketini telafi eden ek modüllerle ByteTrack’in takip doğruluğunu arttırmıştır. OMCTrack gibi diğer çalışmalar ise hem örtülmeyi hem de kamera hareketini dikkate alarak VisDrone ve UAVDT veri setlerinde MOTA ve IDF1 skorlarını yükseltmiştir.

# 2. Gerçek Zamanlı Uygulamalar

ByteTrack, gerçek zamanlı uygulamalarda, özellikle YOLO gibi hızlı dedektörlerle entegre edildiğinde, düşük hesaplama maliyetiyle yüksek doğruluk sağlayabilmektedir. YOLOv8 gibi çerçevelerde ByteTrack kolayca entegre edilerek nesneleri tutarlı şekilde takip eder.  
  
Örneğin palmiye tespiti, trafik analizi, güvenlik izleme ve tarımsal drone gözlemlerinde ByteTrack’in hem takip doğruluğu hem de iz kararlılığı pratik olarak kullanılmaktadır. Ayrıca denizde insan kurtarma senaryosunda, YOLOv7-FSB ile entegre edilen ByteTrack, 82.7 FPS ile %85.5 MOTA başarımı sağlamış ve DeepSORT’a göre %14.9 daha yüksek doğruluk göstermiştir.  
  
ByteTrack’in avantajları arasında hız, düşük kaynak gereksinimi ve kolay uyarlanabilirlik öne çıkar. Ancak zorluklar da mevcuttur. Bunlar arasında, tespit modeline bağımlılık, kamera hareketinde tahmin hatası, küçük nesnelerde ID kaybı gibi sorunlar yer alır. Bu durumlar için stabilizasyon, optik akış, ReID entegrasyonu ve eşik ayarları gibi çözümler önerilmektedir.  
  
Yine de ByteTrack’in sade yapısı, drone ve araç üstü kameralarla çalışan uygulamalarda geniş kabul görmesini sağlamıştır. Uygulamaya özel parametre optimizasyonları ve opsiyonel geliştirmelerle performansı daha da artırılabilir.

# Kaynakça

1. 1. Zhang Y. et al., “ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box,” ECCV 2022.
2. 2. Yuan Z. et al., “NGCTrack: A Robust Tracker with Global Motion Compensation,” Complex & Intelligent Systems, 2024.
3. 3. Dang Z. et al., “OMCTrack: Integrating Occlusion Perception and Motion Compensation,” Drones, 2024.
4. 4. Gao J. et al., “AM-Vehicle-Track: Multi-Vehicle Tracking with Motion Models,” Electronics, 2024.
5. 5. Ultralytics YOLOv8 Documentation, 2023.
6. 6. Zhang Y. et al., “Lightweight Man-Overboard Detection and Tracking Using UAVs,” Remote Sensing, 2023.
7. 7. VisDrone2021 Challenge Report – Multi-Object Tracking.
8. 8. ByteTrack GitHub Repository: github.com/ifzhang/ByteTrack