

ELM463– DÖNEM PROJESİ

GÜVENLİK KAMERASI GÖRÜNTÜLERİNDE İNSAN TESPİTİ VE SAYIMI

Şule Nur Demirdağ
210102002053
s.demirdas2021@gtu.edu.tr

ABSTRACT (ÖZET)

Güvenlik kameralarından elde edilen görüntülerde insan tespiti ve sayımı, güvenlik ve kalabalık yönetimi gibi alanlarda önemli bir ihtiyaçtır. Bu proje, yalnızca dijital görüntü işleme tekniklerini kullanarak, video görüntülerinde insan tespiti ve sayımı yapmayı hedeflemektedir. Geliştirilen yöntem, düşük maliyetli ve uygulanabilir bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER

Ayrıt saptama, morfolojik operatörler, bağlantılı bileşen analizi, hough dönüşümü, filtreleme.

1. Giriş

Bu proje, güvenlik kameralarından elde edilen video görüntülerinde insan tespiti ve sayımını yapmak **hedeflenmiştir**. Güvenlik ve kalabalık yönetimi gibi alanlarda önemli bir ihtiyaç olan bu çözüm, yalnızca dijital görüntü işleme teknikleri kullanarak **geliştirilmiştir**.

Projede, CCTV görüntülerindeki insanları tespit etmek ve saymak için çeşitli görüntü işleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler şu şekilde ifade edilebilir:

Canny Edge Detection

Canny Edge Detection, görüntüdeki kenarları tespit etmek için yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma, aşağıdaki adımları takip etmeyi **amaçlamıştır**:

1. **Gaussian Bulanıklaştırma:** Görüntüdeki gürültüyü azaltarak, kenarların net bir şekilde algılanmasını **sağlamaktadır**.
2. **Gradyan Hesaplama:** Sobel operatörleri gibi gradyan hesaplama teknikleri kullanılarak, kenarların yönü ve büyüklüğü **belirlenmektedir**.
3. **Çift Eşik Yöntemi:** Kenarları belirlemek için alt ve üst eşik değerleri kullanılarak, belirgin kenarlar **tespit edilmektedir**.
4. **Sonuçların İncelenmesi ve İyileştirilmesi:** Tespit edilen kenar haritası üzerinde iyileştirme ve inceleme **yapılmaktadır**.

Bu adımlar, görüntüdeki önemli kenarları belirleyerek, daha sonraki işlemler için temiz bir temel **oluşturmuştur**.

Hough Dönüşümü

Hough Dönüşümü kenar haritasındaki çizgileri kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem, kenar haritasında bulunan düz çizgileri tespit edip, bunları silerek geri kalan kenarları temizler. Adımlar şu şekildedir:

1. Hough Dönüşümü ile Çizgi Algılama:

Hough Dönüşümü, bir görüntüdeki düz çizgileri tespit etmek için kullanılan güçlü bir tekniktir. Bu işlem, kenar algılama gibi ön işleme adımlarından sonra, görüntüdeki çizgileri tanımak için kullanılır. Hough dönüşüm algoritması şu adımlarla özetlenebilir:

• Polar Koordinatlarında Temsil:

Hough Dönüşümü, çizgileri polar koordinatları kullanarak temsil eder. Bu, her çizginin açısı (θ) ve uzaklığı (ρ) parametreleriyle tanımlandığı bir formattır. Bu koordinat sistemi, çizgilerin farklı açılarda ve konumlarda olabileceği durumlarda daha etkili çalışır.

• Akümülatör Alanı:

Çizgilerin tespiti, akümülatör alanı adı verilen bir matris üzerinden gerçekleştirilir. Bu matris, tüm olası çizgelerin parametrelerini içerir ve her parametre çifti (ρ , θ) bir hücrede depolanır. Çizgiler bu alanda biriken değerler olarak görülür.

• Çizgi Tespiti:

Çizgilerin tespiti, akümülatördeki yüksek yoğunluklu bölgeler ile yapılır. Bu, belirli bir düzeyde (threshold) yoğunluk biriken parametreleri içerir. Bu parametreler, görüntüdeki gerçek çizgileri temsil eder.

Dilation

Dilation (Genleşme), morfolojik görüntü işleme tekniklerinden biridir ve bir görüntüdeki nesnelerin veya yapısal öğelerin boyutlarını büyütmek için kullanılır. Genleşme işlemi, bir görüntüdeki nesnelerin sınırlarını genişleterek, boşlukları doldurur ve nesnelerin daha belirgin hale gelmesini sağlar. Bu işlem, özellikle kenarları belirginleştirmek veya küçük boşlukları doldurmak amacıyla uygulanır.

1. Strüktürel Eleman (Structuring Element):

Dilation işlemi için bir **strüktürel eleman** (SE) seçilir. Bu, genellikle küçük bir matris veya şekil (örneğin, bir kare, daire veya dikdörtgen) olup, görüntüdeki her piksel için uygulanacak olan örüntüdür. Bu eleman,

genellikle simetrik olup, nesneleri genişletmeye hizmet eder.

2. Uygulama Alanı:

Dilation işlemi, giriş görüntüsündeki her piksel için yapılır. Genellikle bir ikili (binary) görüntü üzerinde uygulanır, burada beyaz pikseler nesneleri temsil eder ve siyah pikseler arka planı temsil eder. Strüktürel eleman her pikselin çevresindeki komşu pikseler ile karşılaştırılır.

3. Piksellerin Genişletilmesi:

Strüktürel eleman, pikselin çevresindeki komşu pikseler üzerinde kaydırılır. Eğer bir komşu pikselin değeri 1 (beyaz) ise, o pikselin bulunduğu konumda genişleme işlemi gerçekleşir ve piksellerin çevresi büyür. Bu, nesnelerin kenarlarını dışa doğru genişleterek daha belirgin hale getirir. Diğer bir deyişle, her bir beyaz piksel etrafındaki komşu piksellere de beyaz değerini verir.

Bağlantılı Bileşen Analizi (Connected Component Analysis)

Bağlantılı bileşen analizi, ikili (binary) görüntülerdeki birbirine bağlı pikselleri tespit ederek, bu pikselleri bir bileşen (nesne) olarak gruplama işlemidir. Her bir bileşen, birbirine bağlı olan piksellerin oluşturduğu bir küme olarak tanımlanır. Bu analiz, görüntüdeki nesneleri tespit etmek, saymak ve sınıflandırmak için kullanılır.

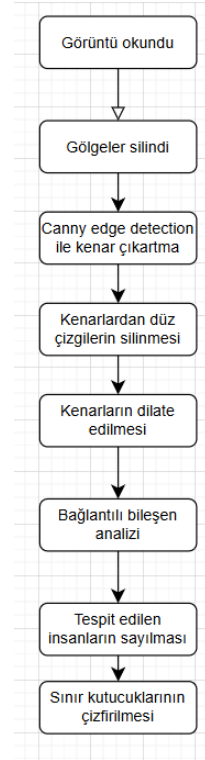
Bağlantılı bileşen analizi, iki temel adım içerir:

1. **Komşuluk Tanımlaması:** Görüntüdeki piksellerin birbirine bağlanıp bağlanmadığını belirlemek için komşuluk türü kullanılır. En yaygın komşuluk türleri **4-yönlü** (sadece yukarı, aşağı, sağ ve sol komşular) ve **8-yönlü** (diagonal komşular da dahil) komşuluktur.
2. **Bileşenlerin Etiketlenmesi:** Bağlantılı pikseler tespit edildikten sonra her bileşen benzersiz bir etiketle işaretlenir. Bu, her nesnenin bağımsız olarak tanımlanmasını sağlar.

Bağlantılı bileşen analizi, nesne sayımı, şekil analizi ve görüntüdeki nesnelerin sınıflandırılması gibi birçok görüntü işleme uygulamasında kullanılır.

2. Deneyler ve Analiz

Problemin çözümünde kullanılan algoritmanın blok şeması:



Şekil 1:

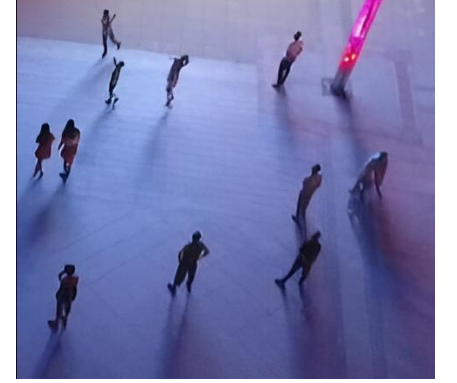
Algoritmanın şeması

Bu problemin çözümü için şu şekilde bir yol izlenmiştir[1]:

1. **Fourier Dönüşümü Uygulama:** Görüntü, Fourier Dönüşümü ile frekans domainine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm, görüntüdeki düşük frekans bileşenlerini (gölge gibi sürekli yapılar) ve yüksek frekans bileşenlerini (detaylar ve kenarlar) ayırt etmeye yardımcı olur.
2. **Yüksek Geçiş Filtresi Uygulama:** Görüntüdeki düşük frekans bileşenlerinin (gölge) ortadan kaldırılması için yüksek geçiş filtresi uygulanmıştır. Bu filtre, Fourier dönüşümü sonucu elde edilen frekans spektrumunun merkezi kısmını (düşük frekansları) maskeler ve sadece yüksek frekans bileşenlerini geçirir. Bu adım, gölgenin kaldırılmasına olanak tanır.
3. **Ters Fourier Dönüşümü:** Yüksek geçiş filtresinin ardından, ters Fourier Dönüşümü (İ inverse Fourier transform) ile frekans domainindeki görüntü yeniden mekansal (spatial) domainine dönüştürülmüştür.
4. **Normalize Etme:** Elde edilen görüntü normalizasyon işlemi ile yeniden 0 ile 255 arasındaki piksel değerlerine çekilmiştir. Bu adım, görüntünün doğru şekilde görselleştirilmesi için gereklidir.

Gölgelerin Yok Edilmesi

Günün farklı saatlerinde kaydedilmiş görüntüler kullanıldığından bu görüntülerde bulunan gölgeler -Şekil 2 deki gibi- insan tanımada büyük sorun oluşturmıştır.



Şekil 2: Gölge bulunan örnek görüntü



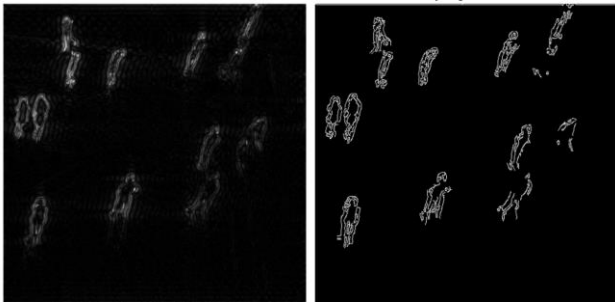
Şekil 3:
Gölge
kaldırma
işlemi
yapılmadan
önce



Şekil 4:
Gölge
kaldırma
işlemi
yapıldıktan
sonra

Şekil 3'te görüldüğü üzere, gölgeler kaldırılmadan yapılan kenar algılama işlemi sonucunda, tespit edilen insanların gölgeleri de bir uzantı haline gelmiştir ve birbirine yakın olan insanlarda bu uzantılar, connected component analizinde yanlış sonuçlar elde edilmesine yol açmıştır. Bu işlemle birlikte, gölgelerin etkisi azaltılmış ve daha temiz bir kenar haritası elde edilmiştir.

Canny Edge Detection ile Kenar Haritası Çıkartma



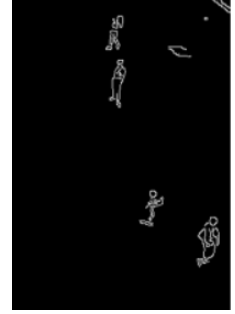
Şekil 5: Solda gölgeleri yok edilmiş görüntü, sağda canny edge detection sonucu

Görüntüye canny edge detection algoritması uygulanırken alt eşik değeri parametresinden faydalanıldı. Bu değer bir pikselin kenar olarak kabul edilip edilmeyeceğini belirler. Eğer bir pikselin gradyanı, alt eşik değerinden büyükse, kenar olarak kabul edilir. **Yüksek alt eşik** değeri sadece daha belirgin kenarları algıladığı ve daha az gürültü ile tespit yaptığı gözlemlendi. Ancak, bazı ince kenarlar veya zayıf kenarlar algılanmadı. **Düşük alt eşik**, daha fazla

kenar tespiti yapılmasına yol açtı ancak fazla gürültü ve düşük kaliteli kenarların algılanmasına da neden olduğu gözlemlendi.



Şekil 6: Alt eşik = 100

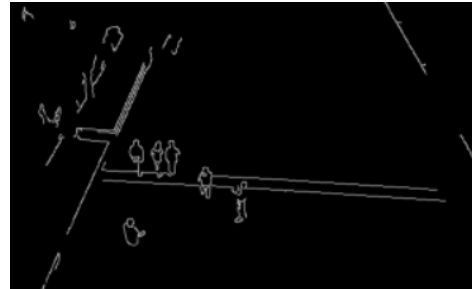


Şekil 7: Alt eşik = 50

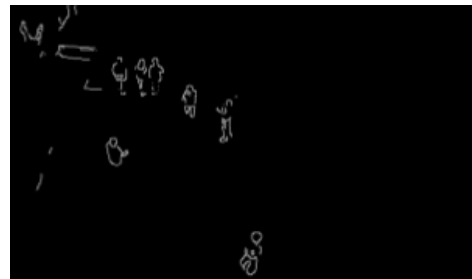
Kenar Haritasından Düz Çizgilerin Çıkarılması

Canny kenar tanıma işlemi uygulandıktan sonra binary görüntünün üzerinde arka plandan kaynaklanan düz çizgiler Hough transform kullanılarak yok edildi. Bu işlem şu adımlarla uygulandı:

1. Hough transform ile çizgiler algılandı minimum çizgi uzunluğu ve maximum çizgiler arası boşluk değeri belirlendi. Minimum çizgi değeri küçültüldüğünde örneğin tespit edilmesi istenen objeler üzerinde kayba sebep oldu. Deneme yanılma yöntemi ile optimum değer belirlendi
2. Ardından algılanan çizgileri kaldırmak için tamamen 1 değerinden oluşan bir maske oluşturuldu.
3. Algılanan her çizgi için, maskeye o çizginin üzerinde siyah (0) renk ile çizgiler çizildi. Bu, çizgilerin görüntüden çıkarılacağı alanı belirler.
4. Son adımda bitwise AND işlemi uygulanarak çizgiler silindi.



Şekil 8: Çizgiler silinmeden önce



Şekil 9: Çizgiler silindikten sonra

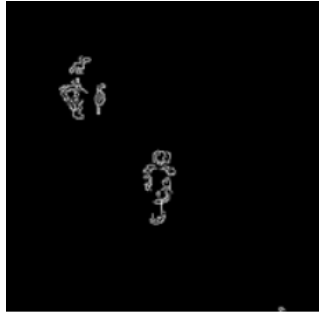
Şekil 6’da görüldüğü gibi çizgiler silinmeden önce yan yana olan iki insan arka planda bulunan yola ait çizgi nedeniyle bağlantılı bileşen analizi yapılırken tek bir obje olarak tespit edildi. Bunu engellemek adına oluşturulan algoritmanın sonucu Şekil 7’de gösterilmiştir.

Kenarların Dilate Edilmesi

Kenar haritası çıkartıldıktan sonra bağlantılı bileşen analizinin daha doğru gerçekleşmesi için elde edilen kenarlar genişletildi.



Şekil 10: Original görüntü



Şekil 11: Kenarların dilate edilmediği durum



Şekil 12: Kenarların dilate edildiği durum

Şekil 9’da solda görüldüğü gibi, kenar haritası dilate edilmediğinde, tespit edilen insanların kıyafetlerinin rengi arka plan ile aynı olduğunda -şekil 10’da örnek verildiği gibi- üst kısım ve alt kısım ayrı ayrı kenar haritasında oluşmaktadır. Bu durum, tespit edilen bireylerin tam olarak birbirine bağlı olmamasına yol açarak, analiz sırasında tek bir insan iki kişi olarak tespit ediliyor.

Bağlantılı Bileşen Analizi (Connected Component Analysis)

Kenar haritası yapılan çeşitli işlemlerden sonra en son haline geldiğinde insanları tespit etmek ve saymak adına bağlantılı bileşen analizi yapıldı. Her nesneye farklı bir etiket değeri atanması nesneleri sayılması işlemini oldukça kolaylaştırdı.



Şekil 13: Bağlantılı bileşen analizi sonucunda elde edilen çıktı

Şekil 11’de görüldüğü gibi yapılan analiz sonucu görüntüde 11 kişi bulunmasına rağmen 17 farklı nesne tanınmış ve etiketlenmiştir. Bunu engellemek adına nesnelerin alan değerlerine bakarak filtreleme gerçekleştirilmiştir. Filtreleme her bir nesnenin alanı - farklı çözünürlükte görüntülerde hata olmaması bakımından- tüm piksel değerlerine bölünmüştür ve bu orana göre minimum maksimum oran değerleri verilmiştir.



Şekil 14: Alan filtrelemesi sonucu elde edilen görüntü

Proje kapsamında yalnızca CCTV görüntüleri üzerinde çalışılacağı için görüntüdeki insanların yakınlığı ve uzaklığı belirli bir aralık içerisinde kabul edilmiştir. Ayrıca tespit edilen nesnelerin en boy oranları da belirli bir sınır üzerinde turulmuştur çünkü insanlara ait boy değeri en

değerinden her zaman fazla olacağından bu aralıktan da yardım alarak görüntü filtrelenmiştir ve Şekil 12'deki çıktı elde edilmiştir.

Sınır Kutularının Çizdirilmesi

İnsanları tespit etmek ve saymak için kullanılan görüntülerde, bağlantılı bileşen analizinden elde edilen istatistikler kullanılarak her bir nesne etrafına sınır kutuları çizilmiştir.

3. Sonuç ve Yorum

Bu çalışmada, görüntü işleme tekniklerini kullanarak güvenlik kameralarından elde edilen görüntülerde insan tespiti ve sayımı yapılmıştır. İnsanları doğru bir şekilde tespit etmek ve saymak için bir dizi adım takip edilmiştir. Bu adımlar arasında **kenar tespiti**, **gölge kaldırma**, **çizgi silme**, **bağlantılı bileşen analizi** ve **dilasyon** gibi işlemler yer almaktadır. Bu süreçler sayesinde, görüntülerdeki insanlar ve nesneler algılanmış ve sayılmıştır. Algoritma kolay ve orta görüntülerde beklendiği gibi daha başarılı bir performans sergilemiştir.

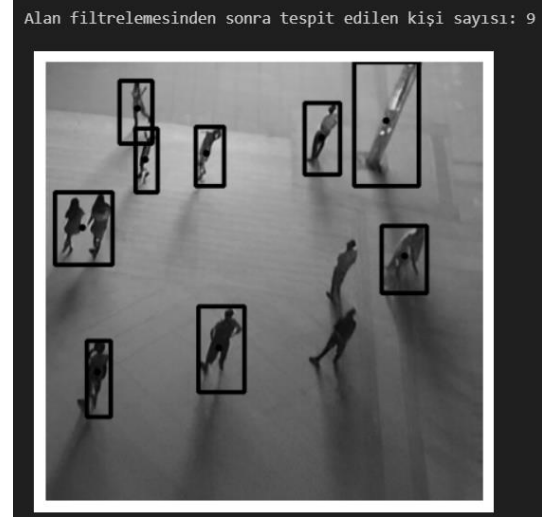
Kolay kategorisinde yani farklı nesne içermeyen basit arka plana sahip görüntülerde oldukça yüksek bir doğruluk oranı elde edildi:



Şekil 15: Kolay görüntü sonucu



Şekil 16: Orta seviye görüntü sonucu



Şekil 17: Gece görüntüsü sonucu



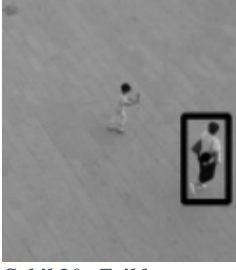
Şekil 18: Zor görüntü sonucu

Uygulanabilecek Farklı Algoritmalar

Görüntüye kenar haritasını çıkarıp bağlantılı bileşen analizi uygulamak yerine Otsu eşikleme yöntemi kullandıktan sonra bağlantılı bileşen analizi yapılabilirdi. Ama bu kıyafetinin rengi background ile aynı olan insanlarda vücudu iki parça olarak algılamasına yol açtı. Bu da alan filtrelemesi sonucu o objenin tamamen kaybolmasına yol açtı.



Şekil 19: Eşikleme yapıldıktan sonra algoritma uygulandığında elde edilen görüntü



Şekil 20: Eşikleme yapılmış görüntüye alan filtrelemesiyapıldıktan sonra elde edilen görüntü

Önerilen Çözümün Avantajları ve Kısıtları

Avantajlar:

- **Düşük Maliyet:** Geliştirilen çözüm, dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak uygulanmıştır ve bu nedenle düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır.
- **Verimli Nesne Tanıma:** Görüntülerdeki nesneler, kenar tespiti, gölge kaldırma ve çizgi silme işlemleri ile daha net bir şekilde ayrılabilen, böylece güvenlik ve kalabalık yönetimi gibi alanlarda etkili sonuçlar alınmaktadır.
- **Gerçek Zamanlı Uygulama:** Geliştirilen çözüm, gerçek zamanlı insan sayımı ve tespiti için uygun olabilir, bu da güvenlik kameralarından elde edilen videoların framelere bölünerek hızlı bir şekilde işlenmesine olanak tanır.

Kısıtlar:

- **Gürültü ve Zayıf Kenarların Etkisi:** Özellikle düşük kaliteli görüntülerde, gürültü ve zayıf kenarlar, tespit edilen nesnelerin doğru sayılmasını zorlaştırmıştır.
- **Çizgiler Arasındaki Bağlantı:** Çizgiler arasındaki bağlantı ve bu bağlantıların analizi bazen yanlış tespitlere yol açabilmektedir, özellikle karmaşık ortamlar ve arka planlar ile karşılaşıldığında veya tespit edilmek istenen insanlar arka planla aynı renk kıyafet giydiğinde.
- **Aydınlatma Koşulları:** Gölgeleme ve düşük aydınlatma koşulları, tespit edilen nesnelerin doğruluğunu büyük ölçüde etkilemiştir.

Çalışmadan Neler Öğrenildi ve Katkıları

Görüntü İşleme Tekniklerinin Derinlemesine Anlaşılması: Bu çalışma sayesinde, Canny kenar tespiti, Hough dönüşümü, dilasyon ve erozyon gibi temel görüntü işleme tekniklerinin nasıl kullanılacağını öğrenildi.

Bağlantılı Bileşen Analizi: Bu analiz yöntemi sayesinde, görüntülerdeki nesneleri doğru bir şekilde tanımlamak ve saymak için gerekli adımların nasıl izleneceği daha iyi kavrandı.

Optimizasyon ve Filtreleme: Çözümün doğruluğunu artırmak için kullanılan filtreleme yöntemlerinin ne kadar önemli olduğunu fark edildi ve çözümü optimize etmek için farklı parametreler üzerinde çalışmanın gerekliliğini deneyimlenerek öğrenildi.

Kaynaklar

[1] G. D. Finlayson, S. D. Hordley, Cheng Lu and M. S. Drew, "On the removal of shadows from images," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 1, pp. 59-68, Jan. 2006, doi: 10.1109/TPAMI.2006.18