



Trafik Sahnelerinde Tümyönlü ve PTZ Kameralar ile Araç Tespiti ve Sınıflandırması

Program Kodu: 3501

Proje No: 113E107

Proje Yürütücüsü:
Yrd. Doç. Dr. Yalın BAŞTANLAR

MAYIS 2016
İZMİR



ÖNSÖZ

Projemizde, tümyönlü ve pan-tilt-zoom (PTZ) kameraları birlikte kullanan, dolayısıyla geniş görüş açısı ve istenilen bölgede yüksek çözünürlük özelliklerini bir araya getiren hibrit bir kamera sistemi ile trafik sahnelerinde gözetleme uygulamalarına ilişkin araştırma yapılmıştır.

Özellikle, içerisinde hareket eden farklı nesnelere bulunan ve PTZ kameranın her nesneye yetişemeyeceği sahnelerde tümyönlü kameranın hedef sınıf olarak belirlenmiş nesnelere tespit etmesi ve PTZ kameranın sadece o nesnelere yönelmesi hibrit sistemin önemini açığa çıkarmaktadır. Tümyönlü kamera genel gözetleme ve sınıflandırma işlemine devam ederken istenilen araçlar için yüksek çözünürlüklü görüntü alma paralel olarak yapılabilmektedir. PTZ kamera ayrıca görece yüksek çözünürlüklü imgeler ile daha yüksek başarımlı sınıflandırma da yapabilir.

Raporumuzda, hem tümyönlü hem de PTZ kamera üzerinde uygulanmak üzere proje boyunca geliştirilen nesne bulma, sınıflandırma ve takip yöntemleri anlatılmıştır. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 113E107 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.



İÇİNDEKİLER

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Giriş..... | 8 |
| 2. Literatür Özeti..... | 9 |
| 3. Yöntem..... | 10 |
| 3.1. Tümyönlü kamera ile nesne tespiti, takibi ve sınıflandırması | 10 |
| 3.2. PTZ kamera ile nesne tespiti ve sınıflandırması | 17 |
| 3.3. Hibrit Sistem ile yüksek çözünürlüklü nesne takibi..... | 19 |
| 4. Deneyler..... | 23 |
| 4.1. Tümyönlü kamera ile sınıflandırma..... | 23 |
| 4.2. PTZ kamera ile sınıflandırma | 23 |
| 4.3. Yüksek Çözünürlüklü Nesne Takibi | 25 |
| 5. Sonuçlar..... | 27 |
| Referanslar..... | 28 |

TABLO LİSTESİ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1. Ortalama silüet, konsensus ve tek bir silüet kullanma yaklaşımları ile elde edilen sınıflandırma doğruluk oranları..... | 16 |
| Tablo 2. Test seti ile yapılan deneyin hata matrisi ve tümyönlü kameradaki sınıflandırıcının başarı yüzdesi | 23 |
| Tablo 3. PTZ kamera ile yapılan sınıflandırmanın başarıımı..... | 24 |
| Tablo 4. Hibrit sınıflandırmanın başarıımı..... | 25 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Sahip olduğumuz tümyönlü ve PTZ kameralardan alınan örnek görüntüler..... | 8 |
| Şekil 2. Hibrit system elemanları ile gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin akış şeması..... | 11 |
| Şekil 3. Tümyönlü kameradan arkaplan çıkarımı ve morfolojik işlemler sonucunda elde edilen silüet örnekleri..... | 11 |
| Şekil 4. Hibrit sistem sınıflandırma örneği..... | 12 |
| Şekil 5. Bir motosiklet (sol) ve bir yayadan (sağ) alınan silüet örneklerinde uzanım değerleri birbirine yakın (sırasıyla 0.42 ve 0.41), fakat yükseklik-genişlik oranları birbirinden oldukça farklı (motosiklet için 0.65, yaya için 1.63)..... | 13 |
| Şekil 6. Verisetindeki örneklerin şekil tabanlı öznelikleri..... | 14 |
| Şekil 7. Örnek ikili imgelerde nesnenin merkezi (a) 29°'de (b) 26°'de (c) 0°'de (d) -11°'de (e) -29°'de iken. (f) İkili imgelerdeki en büyük silüetlerden elde edilen 'ortalama silüet'. (g) Eşik değerlendirilmiş silüet. | 15 |
| Şekil 8. Örnek araba silüeti (a) Tek bir silüet kullanıldığında elde edilen sonuç. (b) Ortalama silüet. (c) İkili imgeye çevrilmiş ortalama silüet..... | 15 |
| Şekil 9. PTZ kamerada yapılan sınıflandırma işlemleri | 18 |
| Şekil 10. Sol sütunda görülen silüetler ABL algoritması, sağ sütunda gösterilenler ise MOG2 arkaplan çıkarımı algoritması ile PTZ kameradan elde edilmiştir..... | 19 |
| Şekil 11. Nesne takibi ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme işlemleri akış şeması | 20 |
| Şekil 12. Tümyönlü kameradaki ızgara deseni noktaları..... | 21 |
| Şekil 13. PTZ kameranın zum parametresinin kestirimi..... | 22 |
| Şekil 14. Hibrit sistem ile yaya takibi..... | 26 |
| Şekil 15. Hibrit sistem ile dolmuş takibine bir örnek | 27 |



ÖZET

Çalışmamızda trafik sahnelerindeki araçların tespit edilip sınıflandırması için bir tümyönlü bir de pan-tilt-zoom (PTZ) kamera içeren hibrit bir kamera sisteminin kullanılması önerilmiştir. Önerilen sistemde, tümyönlü kamera şekil tabanlı öznitelikler ile taşıt sınıflandırması yapabilmekte, eğer varsa hedef sınıf olarak belirlenmiş nesnelere tespit ederek PTZ kameranın o nesnelere yönelmesini sağlayabilmektedir. Bu şekilde, tümyönlü kamera genel tespit, takip ve sınıflandırma işlemine devam ederken istenilen araçlar için PTZ kamera yüksek çözünürlüklü görüntü alabilmektedir. Ayrıca, sınıflandırma başarımını artırmak amacıyla PTZ kamera görüntülerinden çıkarılan gradyan tabanlı öznitelikleri de kullanarak ikinci bir sınıflandırma yapılabilmektedir. Bahsedilen yaklaşımların sınıflandırma başarımları yapılan deneylerle ölçülmüştür. Ayrıca PTZ kamera ile takip modülü gerçekçi senaryolar üzerinde incelenmiştir. Üzerine çalışılan nesne tipleri motosiklet, araba, dolmuş ve yayadır.

Anahtar Kelimeler: Tümyönlü kamera, Pan-tilt-zoom kamera, Taşıt tespiti, Taşıt sınıflandırması, Taşıt takibi



ABSTRACT

We propose to exploit a hybrid camera system, including an omnidirectional and a pan-tilt-zoom (PTZ) camera, for vehicle detection and classification in traffic scenes. In the proposed system, the omnidirectional camera detects the moving objects and performs an initial classification using shape-based features. Concurrently, the PTZ camera classifies the objects using high resolution frames and HOG (Histogram of Oriented Gradients) features. PTZ camera also performs high-resolution tracking for the objects that belong to the user defined target class and that are detected by the omnidirectional camera. Extensive experiments were conducted to compare the classification accuracy of the hybrid system with single camera alternatives. Tracking capability of the system was also tested for different scenarios. The object types we worked on are pedestrian, motorcycle, car and van.

Keywords: Omnidirectional camera, Pan-tilt-zoom camera, Vehicle detection, Vehicle classification, Vehicle tracking

1. Giriş

Tümyönlü kameralar, yatay ekseninde 360° görüş açılı sabit kameralardır. Tek bir imgede geniş görüş açısı nedeniyle birim alan başına sağladığı çözünürlük düşüktür. PTZ (Pan-Tilt-Zoom) kameralar ise yüksek çözünürlüklü, hareket edebilme kabiliyeti olan ancak dar görüş açılı kameralardır. Her iki kameranın kuvvetli yönleri hibrit bir sistemde bir araya getirilerek geniş görüş açılı ve yüksek çözünürlüklü gözetleme yapılabilir. Buna tipik bir örnek tümyönlü kamera ile hareket tespiti yapıp PTZ kamerayı hareketli nesnenin olduğu doğrultuya yönlendirmektir [1] [2]. Her iki kameradan alınan görüntülere bir örnek Şekil 1’de verilmiştir.

Trafik sahneleri için hibrit bir sistemin avantajları şunlar olabilir:

- Tümyönlü kamera, izlenecek araç tipiyle ilgili bir sınıflandırma yapabilir, yönlendirdiği PTZ kamera sadece potansiyeli olan araçları izleyebilir. Özellikle, içerisinde hareket eden farklı nesnelere bulunan ve PTZ kameranın her nesneye yetişemeyeceği sahnelerde bahsedilen sınıflandırmanın önemi açığa çıkmaktadır.
- PTZ kamera ile takip edilen nesneye ait daha yüksek çözünürlüklü imgeler elde edilebilir. Bu imgeler ikinci bir sınıflandırma için kullanılabilir veya sadece gözetleme amaçlı kaydedilebilir. Bu esnada tümyönlü kamera genel gözetleme işlemine devam edebilir. Bu şekilde, genel sahnenin izlenmesi ve istenilen araçlar için yüksek çözünürlüklü görüntü alma paralel olarak yapılabilir.
- Hibrit sistem çok sayıda sabit kameranın yapabileceği bir işlevi tek başına gerçekleştirerek, uygulamaya konmada avantaj sağlayabilir.



Şekil 1. Sahip olduğumuz tümyönlü ve PTZ kameralardan alınan örnek görüntüler

Çalışmamız bu avantajları vurgulamak ve hayata geçirilebilirliklerini incelemek amacıyla hem tümyönlü kamera hem de PTZ kamera üzerinde uygulanmak üzere nesne/taşıt bulma, sınıflandırma ve takip yöntemleri geliştirilmiştir.

2. Literatür Özeti

İmge ve videolardan taşıtların tespit edilip sınıflandırılması için en çok tercih edilen yöntem arkaplan çıkarımı sonrası elde edilen silüet için hesaplanan şekil tabanlı öznitelikler kullanmaktır. Taşıtlar hareket eden nesnelere olduğundan arkaplandan ayırt edilmeleri kolay olmaktadır, bu nedenle bu yaklaşım geçmiş çalışmalarda çok kullanılmıştır. Standart görüş açılı kameralar ile yapılan bu tarz bir sınıflandırmaya örnek olarak [3]'te alan, genişlik, doluluk, uzanım, çevre, dışbükey örtü çevresi, uzunluk, bindirilen elipsin eksenleri ve momentlerden oluşan bir öznitelik kümesi kullanılmış, boyut indirgemesinin ardından k-en yakın komşu algoritması ile taşıt sınıflandırması yapılmıştır. Kumar vd. [4] ise yine tespit edilen silüetlerin şeklini büyüklüğünü ve aynı zamanda hızını ve pozisyonunu bir Bayesçi Ağ ile kullanıp sınıflandırma yapmışlardır. Buch vd. [5] ise taşıt sınıflandırmasını 3B taşıt modellerini imge üzerine düşürerek ve bu izdüşüm ile silüet arasındaki uyumluluk katsayısına bakarak yapmışlardır. Daha farklı bir yaklaşım olarak ise [6]'da video üzerinden sanal bir doğru kullanılarak çıkartılan “zaman-uzamsal imge” ve k-en yakın komşu algoritması kullanılmıştır.

Nesne tespiti için şekil tabanlı öznitelikler yerine gradyan tabanlı öznitelikler kullanmak da mümkündür. Bunun için en revaçta örneklerden birisi HOG (Histogram of Oriented Gradients - Yönlü Gradyan Histogramı) özniteliklerini kullanmak ve resmi kayan pencereler yaklaşımı ile taramaktır [7]. Bu zaman alan bir yöntem olduğundan video verisi üzerinde kullanılabilmesi için yine arkaplan çıkarımı yapıp HOG özniteliği çıkarılacak bölgeyi belirlemek gerekir.

Tümyönlü kameralarda da şekil ve gradyan tabanlı öznitelikler, nesne sınıflandırması için kullanılmıştır. Şekil tabanlı öznitelikler ile tümyönlü kamerada taşıt sınıflandırmasına örnek verecek olursak, [2]'de nesnelere sadece alan özniteliği kullanılarak araçlar küçük (motosiklet, araba) ve büyük (kamyon, otobüs v.b.) olarak ayrılmıştır. Tümyönlü görüntülerde HOG kullanımına örnek olarak [8] ve [9] verilebilir. [8]'de HOG çıkarılacak bölge elle kesilerek sınıflandırmaya verilmiştir. [9]'da ise arkaplan çıkarımı sonrası elde edilen silüetin etrafında HOG hesaplanarak sınıflandırma yapılmıştır.

[2] aynı zamanda, bir tümyönlü kameradan sınıflandırma yapması ve bir PTZ kamerayı nesneye yöneltmesi bakımından bizim proje konumuza en çok benzeyen çalışmadır. Fakat, burada nesnelere sadece tümyönlü imgede silüetlerin kapladığı alana bakılarak küçük (motosiklet, araba) veya büyük (kamyon, otobüs vb.) olarak sınıflandırılmıştır. Bizim geliştirdiğimiz yöntemler daha geniş bir şekil tabanlı öznelik seti kullanarak tümyönlü imgede sınıflandırma yapmakta ve toplamda dört ayrı sınıf (dolmuş, araba, motosiklet ve yaya) ayırt edebilmektedir. Ayrıca, PTZ kamera da HOG tabanlı öznelikler kullanarak sınıflandırmaya dahil edilmiş ve başarımları yükseltilmiştir.

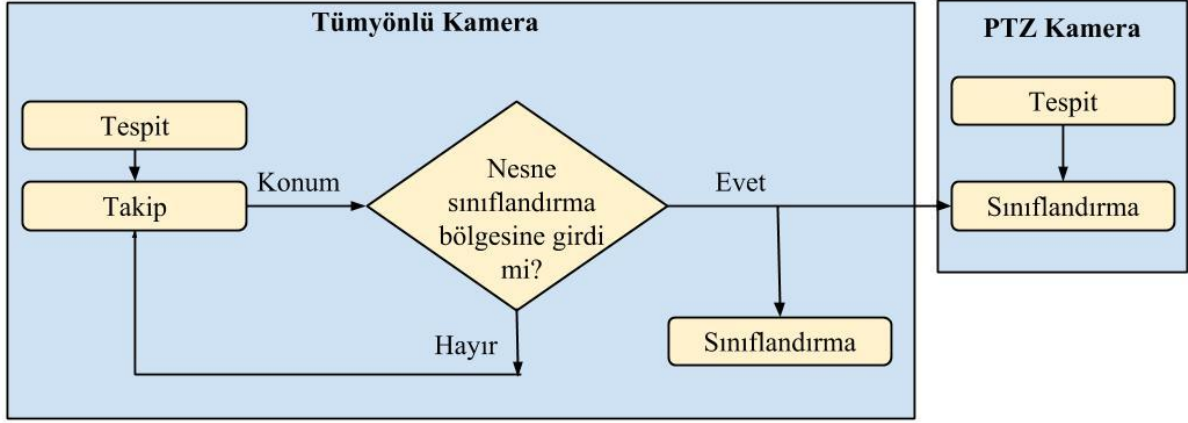
3. Yöntem

Çalışmamızda tümyönlü kamera usta (master) kamera görevi görmektedir ve nesnelere tespiti ve birincil sınıflandırmasından sorumludur. Bu işlemler Bölüm 3.1’de ayrıntılarıyla açıklanmıştır. PTZ kamera ise sınıflandırma başarısını artırmak için ikincil bir sınıflandırma yapar (Bölüm 3.2). PTZ kamera ayrıca bir çirak (slave) kamera görevi görerek tümyönlü imgede tespit edilip sınıflandırılan nesnelere takip ederek yüksek çözünürlüklü görüntü sağlar (Bölüm 3.3).

3.1. Tümyönlü kamera ile nesne tespiti, takibi ve sınıflandırması

Şekil 2’de gösterildiği gibi, tümyönlü kamera tarafından gerçekleştirilen işlemler üç ana adımda özetlenebilir. Bunlar, nesne tespiti, takibi ve sınıflandırmasıdır. Birinci adımda sahnedeki hareketli nesnelere ait silüetler arkaplan çıkarımı ile elde edilir. Sistemimizde, [10]’da karşılaştırılan arkaplan çıkarımı algoritmalarından hızlı bir tanesi olan Adaptif Arkaplan Çıkarımı kullanılmıştır. Daha sonra, bu silüetler, üzerinde morfolojik işlemler yapılarak gürültüden arındırılır. Ayrıca, kapladığı alan belirli bir eşik değerinin altında olan silüetler de elenir. Nihai olarak elde edilen silüetlerin bazı örnekleri Şekil 3’te gösterilmiştir.

Tümyönlü kamera, imge üzerinde aynı anda birden fazla nesne olmasına müsait bir konumdadır. Bu yüzden, Macar Algoritması [11] kullanılarak yeni tespit edilmiş nesnelere yeni bir kimlik verilir ve daha önceki imgelerde tespit edilmiş nesnelere kimliği elenmeyerek, Kalman Filtre [12] ile takipleri yapılır. Macar algoritması en düşük maliyetli tespit-iz ikililerini saptamakla yükümlüdür. Bu maliyet, tespit edilen bir nesnenin ağırlık merkezi ile onunla ilişkilendirilen iz arasındaki Öklit uzaklığı ile hesaplanır. Macar Algoritması ve Kalman Filtresi beraber en iyi hipotezleri sağlayarak tümyönlü kamerada çoklu nesne takibine olanak sağlar.

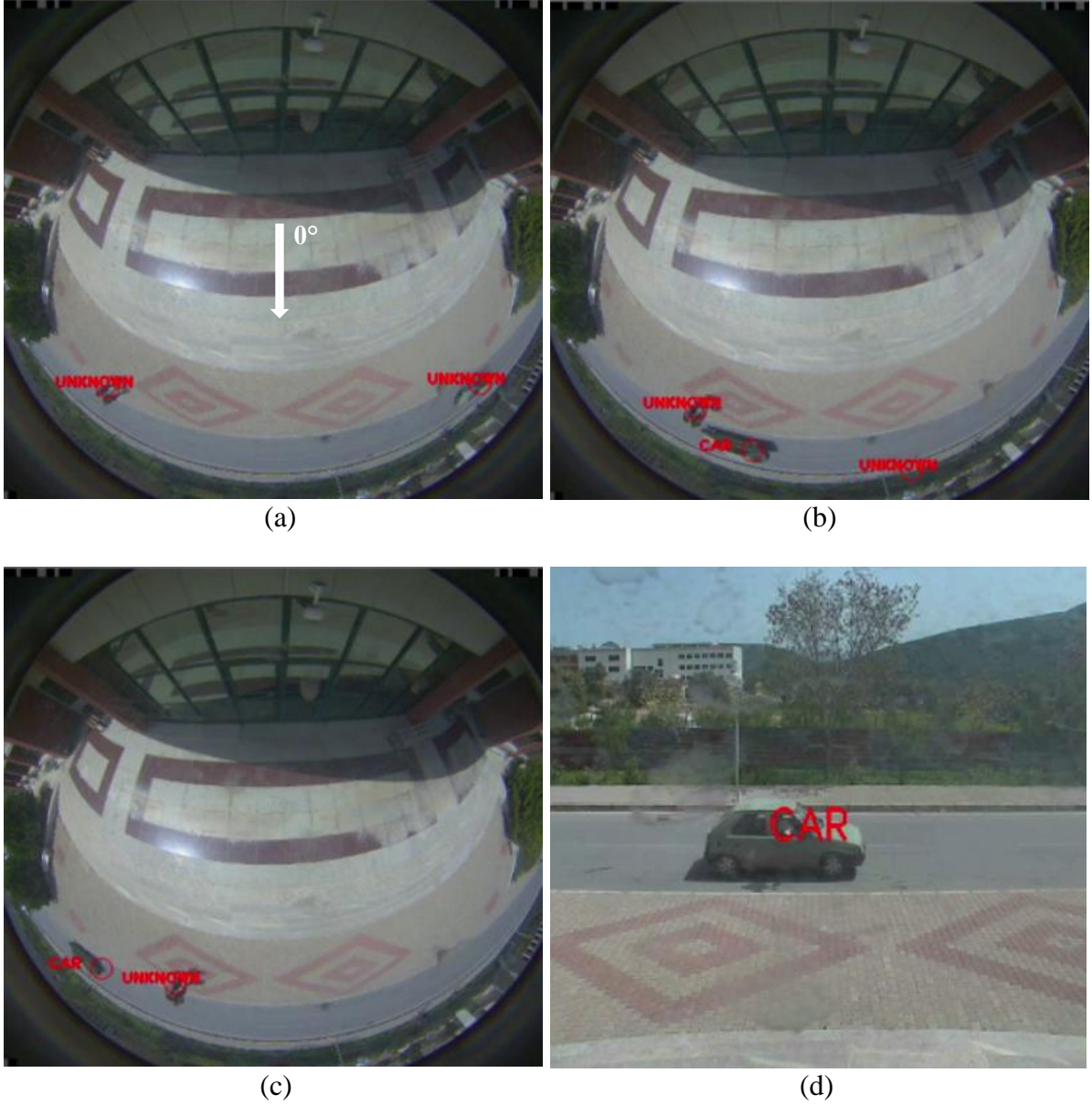


Şekil 2. Hibrit system elemanları ile gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin akış şeması.

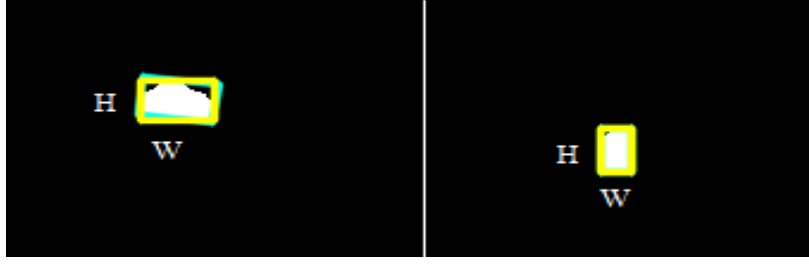


Şekil 3. Tümyönlü kameradan arkaplan çıkarımı ve morfolojik işlemler sonucunda elde edilen silüet örnekleri. Az yer kaplaması için tümyönlü imgede ilgili yer kesilmiştir. Sol-üst: dolmuş silüeti, sağ-üst: yaya, sol-alt: motor, sağ-alt: araba.

Takip edilen nesnenin konumu, önceden belirlenmiş sınıflandırma bölgesinde olduğu süreçte sınıflandırma yapılır. Sınıflandırma bölgesini kameranın yola dik baktığı açığı 0 derece olarak kabul edip, $[-30^\circ, +30^\circ]$ açı aralığı olarak belirledik (Şekil 4a). Araç sınıflandırma bölgesinden çıkınca nihai sınıfı belirlenir. Bu işlem için ya aracın farklı konumlarına ait silüetler döndürülüp üstüste bindirilir ve oluşturulan averaj silüet sınıflandırılır (averaj silüet yaklaşımı) ya da silüetlerin ayrı ayrı sınıflandırma sonuçları biriktirilir ve en çok oyu alan sınıf seçilir (konsensus yaklaşımı). Bu yaklaşımlar sırasıyla Bölüm 3.1.1 ve Bölüm 3.1.2'de açıklanacaktır. Gerçek zamanlı bir uygulama oluşturmak istediğimizden süre avantajı nedeniyle ilerleyen kısımlardaki deneylerde konsensus yaklaşımı kullanılmıştır. Tümyönlü kamera ile sınıflandırmanın görsel bir örneği ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Hibrit sistem sınıflandırma örneği. (a) Nesnelere henüz sınıflandırma açısı aralığına girmiş değiller. Bu nedenle henüz sınıflandırılmamış olup 'UNKNOWN' etiketi ile işaretlenmiştir. (b) Tümyönlü kameradaki sınıflandırma tamamlanmış ve nesne 'CAR' ile etiketlenmiştir. (c) Aynı nesnenin tümyönlü kameradaki takibi devam etmektedir. (d) PTZ kameradaki sınıflandırma sonucu. PTZ kameradaki gecikme nedeniyle bu sınıflandırma tümyönlü kameradaki sınıflandırma bittikten sonra yapılır, bu nedenle istendiği takdirde (hibrit seçenek) tümyönlü kameradaki sınıflandırma sonucu PTZ sınıflandırmasındaki DYM seçimi için kullanılabilir (bkz. Bölüm 3.2).



Şekil 5. Bir motosiklet (sol) ve bir yayadan (sağ) alınan silüet örneklerinde uzanım değerleri birbirine yakın (sırasıyla 0.42 ve 0.41), fakat yükseklik-genişlik oranları birbirinden oldukça farklı (motosiklet için 0.65, yaya için 1.63). H ve W döndürülmemiş kapsayan dikdörtgenin yüksekliğini ve genişliğini belirtmektedir (Denklem 2).

Nesne sınıflandırılması için şekil tabanlı özniteliklerden alan, uzanım, dikdörtgensellik, dışbükeylik ve yükseklik-genişlik oranı denenmiştir. Yapılan deneylerde, dikdörtgensellik ve dışbükeylik değerleri tüm sınıflar için birbirine yakın çıkıp, ayırt edici olmadıkları görülmüş, bu yüzden, öznitelik kümemiz alan, uzanım ve yükseklik-genişlik oranına indirgenmiştir.

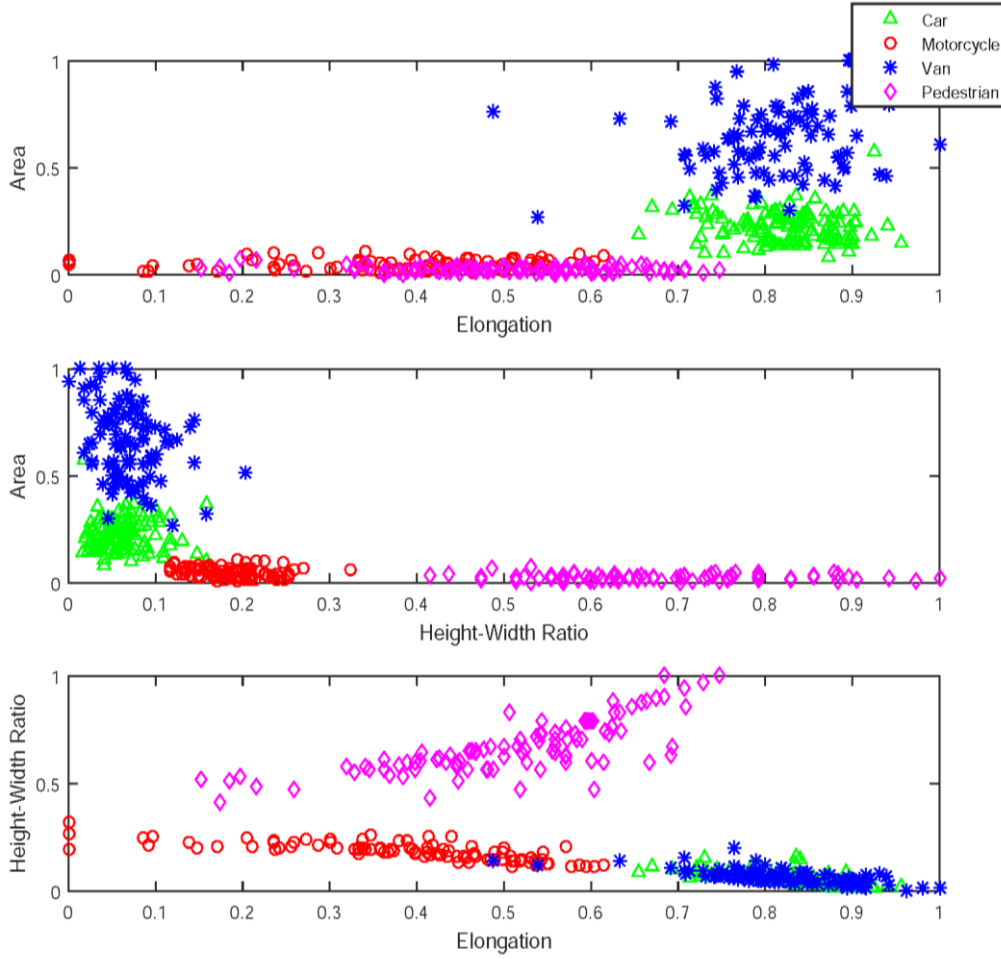
Alan özniteliği, silüetin piksel cinsinden kapladığı alandır, yaya ve motosiklet sınıflarına ait nesnelere küçük iken araba, dolmuş sınıflarına ait nesnelere büyük değerler alır. Uzanım özniteliği, motor, yaya sınıfını diğer araçlardan ayırt eder. Denklem(1)'de, U uzanım, S ve L sırasıyla silüeti çevreleyen en küçük döndürülmüş dikdörtgenin kısa ve uzun kenarlarıdır.

$$U = 1 - S/L \quad (1)$$

Yükseklik-genişlik oranı, R , silüeti çevreleyen en küçük döndürülmemiş dikdörtgende yüksekliğin genişliğe bölünmesiyle elde edilir (Denklem 2). Bu değer yayalar için 1'den büyük, diğer tüm sınıflar için de 1'den küçük olduğundan özellikle yayalar için ayırt edici bir parametredir. Motosiklet ve yayanın birbirine yakın uzanım değerleri olan örneklerde (Şekil 5) yükseklik-genişlik oranı ikisini birbirinden ayırt eder.

$$R = H/W \quad (2)$$

Sınıflandırma için k-en yakın komşu algoritması (kNN) kullanıldı. Bu algoritma, yeni örneğin hangi sınıfa ait olduğuna, en yakınındaki k tane sınıflandırılmış örneğe bakarak karar verir. Şekil 6'da şekil tabanlı sınıflandırmada eğitim seti olarak kullanılmak üzere etiketlenmiş örneklerin öznitelikleri verilmiştir. Ayırt edici özelliklerinin daha iyi gözlemlenebilmesi açısından öznitelikler çiftler halinde 2B grafikler halinde gösterilmiştir. Görüleceği üzere, araba ve dolmuşların uzanım (elongation) değerleri birbirine yakın, benzer şekilde yaya ve motosikletin alan (area) değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ancak, her üç öznitelik kullanıldığında tüm sınıfları birbirinden ayıracak potansiyel oluşmuştur.

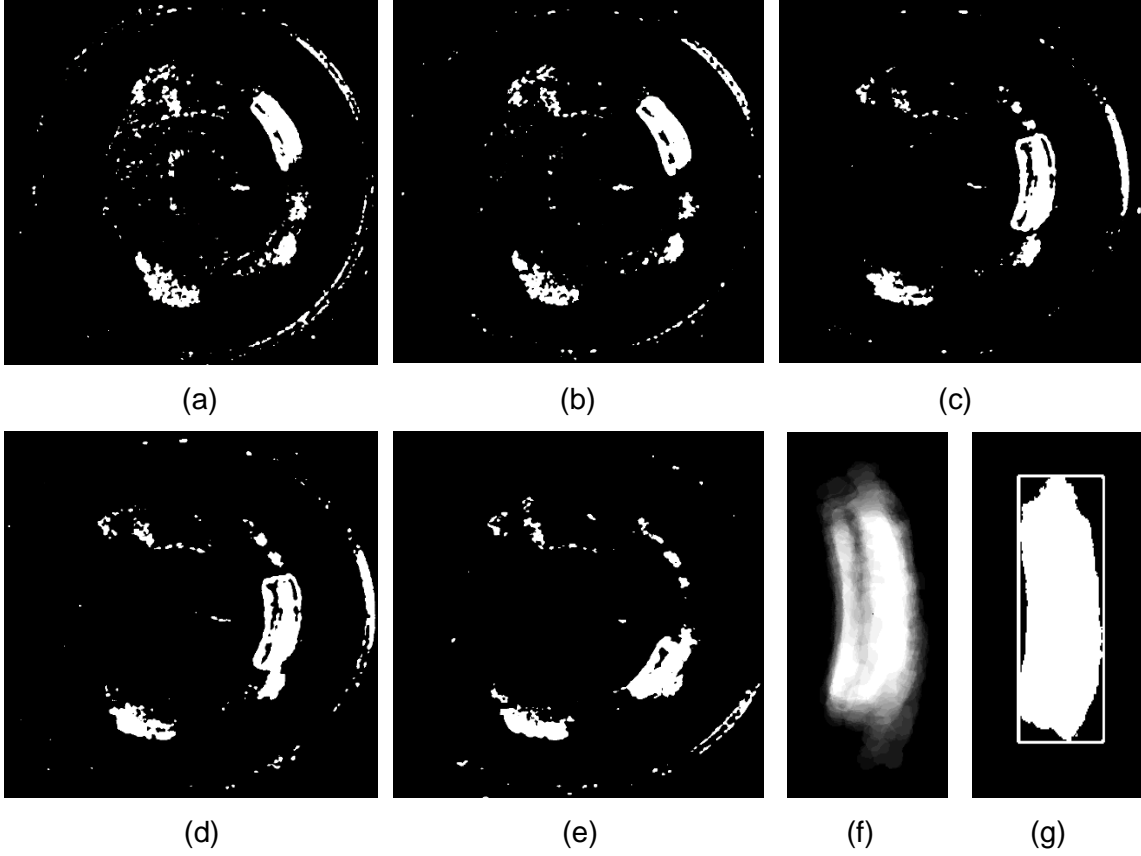


Şekil 6. Verisetindeki örneklerin şekil tabanlı öznitelikleri. Elongation: uzanım, area: alan, height-width ratio: yükseklik-genişlik oranı. Normalize edilmiş halde gösterilmektedir.

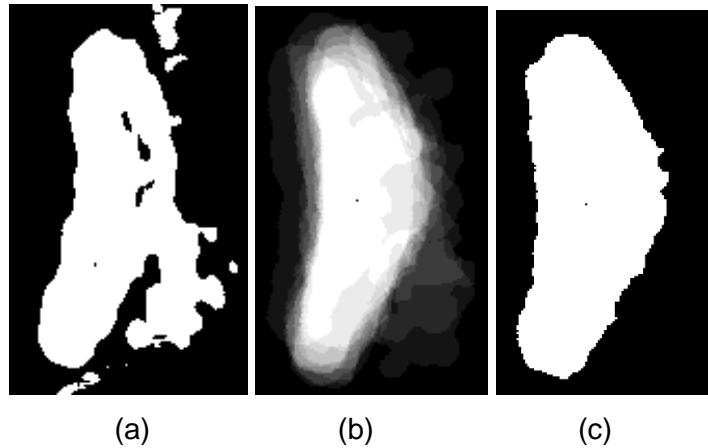
3.1.1. Ortalama siluet yaklaşımı ile şekil tabanlı öznitelikleri belirleme

Araç belirlenen açı aralığında ($[30^{\circ}, -30^{\circ}]$) iken çok sayıda video karesinden gelen siluet bilgisinin kullanılması için iki temel yaklaşım denedik. Bunlardan ilki siluetlerin “ortalama siluet” oluşturmak amacıyla birleştirilmesidir. Elde edilen siluetler, tümyönlü imge merkezine göre döndürülür. Ardından, birbiri üzerine ağırlık merkezleri denk gelecek şekilde eklenir ve birikmiş imge oluşur. Birikmiş imgenin kullanılan kare sayısına bölünmesiyle ortalama siluet bulunmuş olur (Şekil 7f). Belirli bir eşik değerinin altındaki gri seviyelerinin elenmesiyle az sayıda video karesinin katkı verdiği bölgeler elenir ve sadece çok kare tarafından desteklenen parçalar dikkate alınmış olur (Şekil 7g). Burada seçtiğimiz eşik değeri, gri seviyelerinin aşağıdan %25’ini elemektedir.

Bu şekilde tek bir siluet kullanmaya göre çoğu durumda daha iyi silüetler elde edilmektedir, çünkü tek bir karede arkaplan çıkarımında silüeti bozan etkiler söz konusu olurken, bu etkiler diğer karelerde aynı şekilde gerçekleşmeyeceğinden ortalama alındığında önemini yitirmekte ve elenmektedir (Şekil 8).



Şekil 7. Örnek ikili imgelerde nesnenin merkezi (a) 29°'de (b) 26°'de (c) 0°'de (d) -11°'de (e) -29°'de iken. (f) İkili imgelerdeki en büyük silüetlerden elde edilen 'ortalama silüet'. (g) Eşik değeriyle değerlendirilmiş silüet.



Şekil 8. Örnek araba silüeti (a) Tek bir silüet kullanıldığında elde edilen sonuç. (b) Ortalama silüet. (c) İkili imgeye çevrilmiş ortalama silüet.

3.1.2. *Konsensus yaklaşımı ile şekil tabanlı öznitelikleri belirleme*

Çok sayıda video karesindeki farklı silüet bilgilerini değerlendirmek için kullandığımız ikinci yaklaşım da her bir silüet için ayrı bir sınıflandırma yapmak ve sonra baskın çıkan sınıfı kullanmaktır. Diğerlerinden daha çok oy almış bir sınıf bulunduğu anda, silüetler arasında bir konsensus oluştuğu çağrışımı ile bu isim verilmiştir.

Bahsedilen iki ayrı çoklu silüet yaklaşımının doğruluk oranları Tablo 1’de verilmiştir. Bu deneyler sırasında henüz yaya sınıflandırması yapmıyor olduğumuzdan motosiklet, araba ve dolmuş sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Veri seti 49 motosiklet, 124 araba ve 104 dolmuştan oluşmuş, kNN sınıflandırma yöntemi ve eğitim/test setleri karıştırılarak 3-kat çapraz geçişleme uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde her iki çoklu silüet yaklaşımının tek bir silüet kullanmaktan daha iyi sonuç verdiği, ortalama silüet yaklaşımının ise özellikle araba sınıfı nedeniyle konsensus yaklaşımını geçtiği görülmüştür.

Tablo 1. Ortalama silüet, konsensus ve tek bir silüet kullanma yaklaşımları ile elde edilen sınıflandırma doğruluk oranları. Sınıflandırma için kNN yöntemi kullanılmış ve k=5 alınmıştır.

| | Motosiklet | Araba | Dolmuş | Toplam |
|----------------------------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|
| Ortalama silüet yaklaşımı | 97% | 98% | 99% | 98% |
| Konsensus yaklaşımı | 95% | 58% | 100% | 80% |
| Tek bir silüet kullanma | 53% | 53% | 72% | 60% |

Bu iki çoklu silüet yaklaşımının aldığı süreleri karşılaştırdık. Her bir silüet için gerekli morfolojik işlemler ve sınıflandırma öncesi hizaya getirme 15 ms sürmektedir. Kabaca her bir araç için 10 silüet elde edildiğini varsayacak olursak (daha fazlası çoğunlukla elde edilememektedir), konsensus yaklaşımında silüet çıkarımı ve sonrasında her bir silüet için öznitelik çıkarımı ve kNN yöntemi ile sınıflandırma işlemleri toplamı 250 ms tutmaktadır. Ortalama silüet yaklaşımında ise silüetleri üstüste çakıştırma ve toplama işlemleri nedeniyle her bir silüet için 169 ms harcanmaktadır. Ortalama silüetin eşik değerlendirilmesi, öznitelik çıkarımı ve sınıflandırma ile beraber toplam süre 1850 ms’ye çıkmaktadır.

Projemizin entegrasyon kısmında gerçek zamanlı bir istem hedeflediğimizden her ne kadar ortalama silüet yaklaşımının doğruluk oranı daha yüksekse de çalışmamızın geri kalanında konsensus yaklaşımını kullandık.

3.2. PTZ kamera ile nesne tespiti ve sınıflandırması

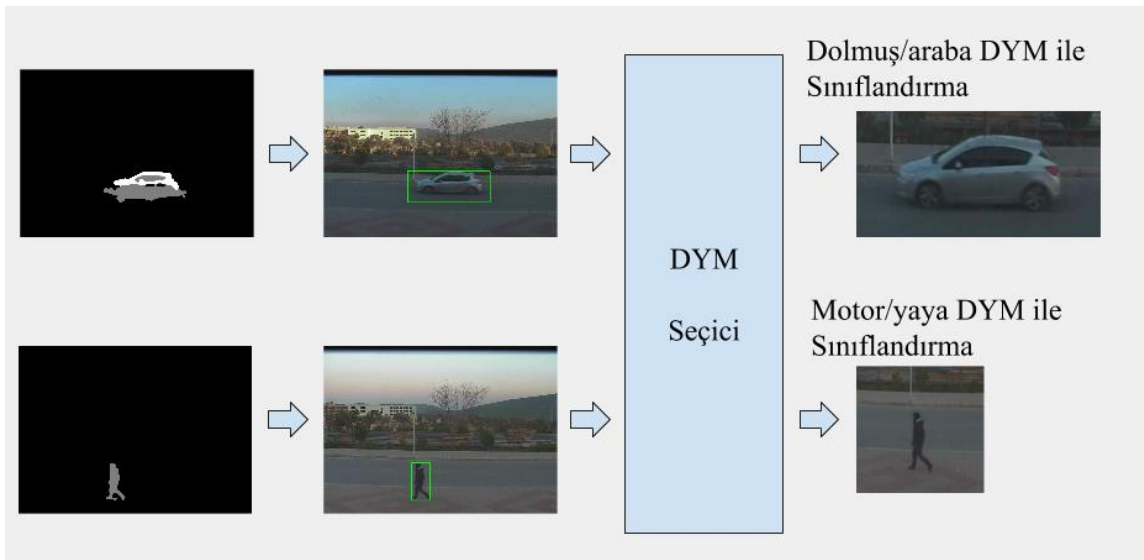
Bu bölümde nesne sınıflandırma bölgesine girdiğinde tümyönlü kamera tarafından tetiklenen PTZ kameranın HOG öznitelikleri ile yaptığı ikinci sınıflandırmayı aktaracağız. Tümyönlü kameradaki konum ile PTZ kamerayı yönetmek ancak hareketli nesneyi görüntü içerisinde tutacak kadar başarılı olabilmektedir. IP kameralarda görüntü gelmesindeki gecikmeler nedeniyle nesnenin video karesindeki yerini tam olarak kestirmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, PTZ kamerada arkaplan çıkarımı ile hareketli araç tekrar tespit edilir. Taşıtların yandan görünüşlerine göre HOG öznitelikleri çıkarılıp sınıflandırma yapıldığından, PTZ kamera istenen doğrultuya geldiğinde hareketli araç tespit edilir. Uygun imge çıkarılana kadar kamera sabit durur.

PTZ kameradaki sınıflandırma adımları Şekil 9'de gösterilmiştir. Birinci adım PTZ kamera görüntüsündeki en büyük silueti (largest blob) arkaplan çıkarımı ile elde etmektir. Arkaplan çıkarımı algoritması olarak, tümyönlü kamerada kullandığımız Adaptif Arkaplan Çıkarımı yerine gürültüye karşı daha gürbüz ve nesne bütünlüğünü daha iyi veren MOG2 (Improved Adaptive Gaussian Mixture Model, Geliştirilmiş Adaptif Gauss Karışım Modeli) [16] kullanıldı. Tümyönlü kamerada, çözünürlüğün daha düşük olması nedeniyle Adaptif Arkaplan Çıkarımı nesnelerin bir bütün olarak gelmesini sağlıyordu, ancak PTZ kamerada bu yeterli olmadı. MOG2 algoritmasında, imge üzerindeki her bir pikselin Gauss karışımı hesaplanıp bir model oluşturulur ve model çevrimiçi güncellenir. Bu modele uyan yeni imge üzerindeki pikseller arkaplan parçası, uymayanlar önplan olarak kabul edilir. Şekil 10'de neden arkaplan çıkarımı için MOG2'nin tercih edildiğini belirtmesi açısından elde edilen silüet örnekleri verilmiştir.

Sınıflandırma için iki Destek Yöney Makinesi (DYM) eğitilmiştir. Yaya/motor DYM'si 120x120 (1:1 en-boy oranı) piksellik bir pencereden 1764 HOG özniteliği çıkararak eğitilir ve yayaları motosikletlerden ayırmakta kullanılır. Araba/dolmuş DYM'si ise 120x300 (1:2.5 en-boy oranı) piksellik bir pencereden 4788 HOG özniteliği çıkararak eğitilir ve arabaları dolmuşlardan ayırmakta kullanılır.

Siluetin elde edilmesinin ardından, silueti çevreleyen en küçük dikdörtgen bulunur ve bu dikdörtgenin yükseklik-genişlik oranı hesaplanır. Ardından, bir DYM seçici yükseklik-genişlik oranını kullanarak nesnenin iki DYM'den hangisine gideceğine karar verir (düşük yükseklik-genişlik oranı araba ya da dolmuş olmasına işaret eder). Sınıflandırma öncesi, dikdörtgen uygun boya gelmesi için genişletilir ve yaya/motosiklet için 1:1, araba/dolmuş için 1:2.5 en-boy oranında pencere kesip çıkarılır. Sınıflandırma nihai pencereden elde edilen HOG öznitelikleri ile yapılır.

Yukarıda anlatılan sınıflandırma, tümyönlü kamerada yapılan sınıflandırmadan bağımsızdır ve Bölüm 4.1’de değinileceği üzere sınıflandırma başarımı yeterince yüksek değildir. Bunun başlıca sebebi tespit edilen nesneye ait dikdörtgenin yükseklik-genişlik oranının zaman zaman yanlış DYM seçimine neden olmasıdır. Bu nedenle alternatif olarak hibrit bir sınıflandırma yaklaşımı öneriyoruz. Bu yaklaşımda DYM seçimi tümyönlü kamerada belirlenen sınıf esas alınarak yapılır. Yani, eğer tümyönlü kamera bir taşıt için dolmuş veya araba demişse dolmuş/araba DYM’si seçilir. Bölüm 4.2’de gösterileceği üzere bu hibrit sınıflandırma ile başarımlar artmaktadır. Görsel bir örnek ise Şekil 4d’de verilmiştir.



Şekil 9. PTZ kamerada yapılan sınıflandırma işlemleri. Elde edilen silueti kapsayan en küçük kapsayan dikdörtgen bulunur. Ardından, Destek yöney makinesi (DYM) seçimi yapılarak örneğin sınıflandırmak için hangi DYM’ye gideceği saptanır (araba/dolmuş DYM ya da yaya/motosiklet DYM). Bu seçimi yapmak için DYM seçici ya en küçük kapsayan dikdörtgenin yükseklik-genişlik oranını kullanır (sadece PTZ kamerada sınıflandırma) ya da tümyönlü kamerada belirlenen sınıf kullanılır (hibrit sınıflandırma). Sınıflandırma öncesi, dikdörtgen uygun boya gelmesi için genişletilir ve yaya/motosiklet için 1:1, araba/dolmuş için 1:2.5 en-boy oranında pencere kesip çıkarılır.

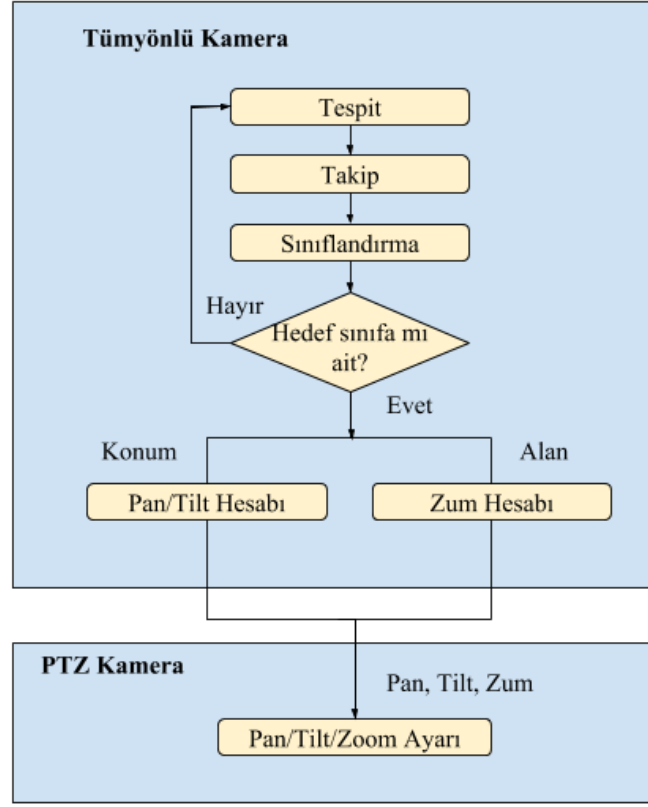


Şekil 10. Sol sütunda görülen silüetler ABL algoritması, sağ sütunda gösterilenler ise MOG2 arkaplan çıkarımı algoritması [13] ile PTZ kameradan elde edilmiştir.

3.3. Hibrit Sistem ile yüksek çözünürlüklü nesne takibi

PTZ kamera aynı anda bir nesneyi takip edebilirken, sahnede daha çok sayıda hareketli nesne olabilmektedir. Burada, kullanıcı tarafından belirlenmiş bir hedef sınıf olduğunu ve tümyönlü kameranın yaptığı sınıflandırmada bu hedef sınıfa giren nesnelere PTZ kameranın yönlendirdiği şekilde bir senaryo olduğunu varsayabiliriz. PTZ kamera ile takip esnasında tümyönlü kamera genel gözetleme işlemine devam eder, bu şekilde sahnenin genel gözetlemesi ve istenilen araçlar için yüksek çözünürlüklü görüntü alma paralel olarak yapılır.

Hibrit sistemin yaptığı bu takibin aşamaları Şekil 11’de gösterilmiştir. Tümyönlü kamerada gerçekleşen nesne tespit, takip ve sınıflandırmanın detayları Bölüm 3.1’de verilmişti. Eğer nesnenin hedef sınıfa ait olduğu tespit edilmişse, PTZ kameranın yönlendirileceği pan ve tilt açıları nesnenin konumu kullanılarak hesaplanır, yakınlaştırma (zoom) değeri ise nesnenin tümyönlü imgede kapladığı alan ile hesaplanır.



Şekil 11. Nesne takibi ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme işlemleri akış şeması

PTZ kamerayı yönlendirirken Kalman Filtresi tarafından kestirilen pozisyonu kullanmak komut gönderirken geçen zaman nedeniyle araçları yakalamada (görüntü içerisinde tutmada) yetersiz kaldı. Bu problemi çözmek için Kalman pozisyon tahmini Denklem 3'te verildiği gibi güncellendi. Burada (X, Y) Kalman Filtresinin nesne ağırlık merkezi tahminini, ΔX ve ΔY ardışık video kareleri arasındaki yer değiştirmeyi, α ise PTZ kamerayı hareket yönünde daha ileri bir noktaya doğrultmak için kullandığımız değişkeni göstermektedir. α sadece takip edilen nesne $[-120^\circ, +120^\circ]$ açı aralığında ise hesaplanır. En yüksek değerini nesne 0° 'den geçerken (Şekil 4a) alır, kenarlara $(-120^\circ$ ve $120^\circ)$ yaklaştıkça doğrusal olarak azalır.

$$X = X + \Delta X \cdot (1 + \alpha), \quad Y = Y + \Delta Y \cdot (1 + \alpha) \quad (3)$$

PTZ kamerayı istenen doğrultuya döndürmek için her iki kamera arasındaki geometrik ilişkinin modellenmesi gerekir. Bunu yapmanın başlıca yöntemlerinden birisi hibrit sistemin dış kalibrasyonunun tamamen çözülmesidir. Bu, kalibrasyon desenleri kullanıp görüntü olarak kamera eksenlerinin bütün hareket parametrelerini (dönme ve öteleme) kestirmek şeklinde yapılabilir [15]. Pratikte bunu uygulamak kolay olmadığından araştırmacılar kamera pozisyonları ile ilgili bazı varsayımlarla geometrik ilişkileri sadeleştirerek daha pratik (daha az nokta eşleniği ve daha kısa prosedürler kullanan) yöntemler önermişlerdir [16].

Diğer bir başlıca yöntem ise uzamsal eşlemedir (spatial mapping). Burada kamera eksenlerinin 3B kestirimi yapılmaz, onun yerine veri toplama ve aradeğerleme ile istenen değerler kestirilir [17]. [14] ve [18]'de PTZ kameranın sadece tilt açısı uzamsal eşleme ile kestirilirken, biz çalışmamızda hem tilt hem de pan açısı kestirmek için bu yöntemi kullandık.

Uzamsal eşleme yönteminde, tümyönlü imgede bir pikselin konumunun o noktaya doğrultulmuş bir PTZ kameranın pan ve tilt açıları ile büyük oranda ilişkili olduğu varsayılır. Bu ilişkinin kestirimi için veri toplanır. Bu amaçla tümyönlü imge düzlemi üzerine bir ızgara deseni yerleştirdik (Şekil 12) ve her bir köşe noktası için PTZ kamera o noktaya baktığında geçerli olan pan ve tilt açılarını kaydettik. Ara pozisyonlar için açı değerleri bilineer aradeğerleme (bilinear interpolation) ile kestirilir.

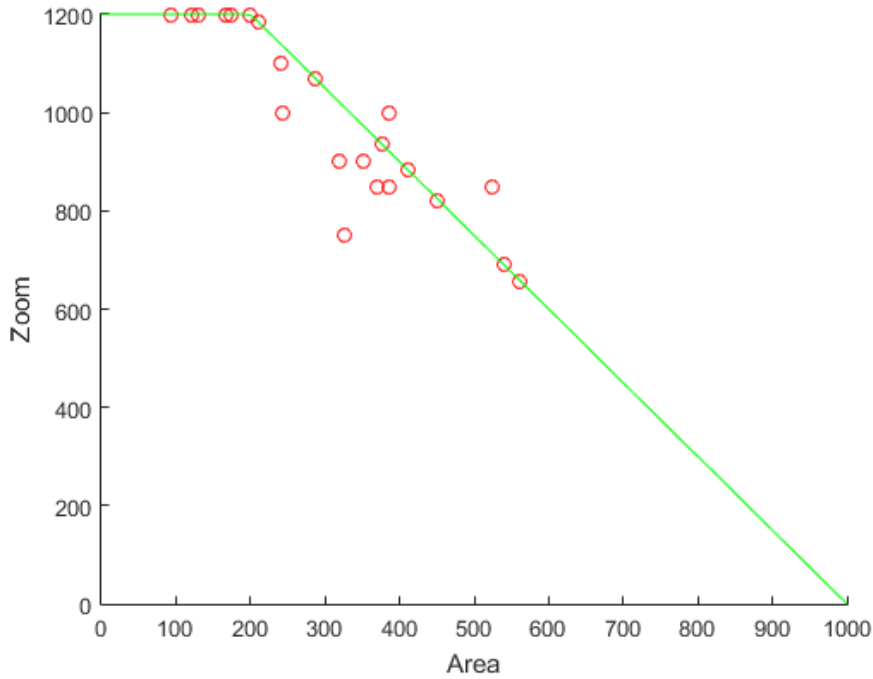


Şekil 12. Tümyönlü kameradaki ızgara deseni noktaları. Kırmızı noktalar PTZ kameradan görünmediği ya da ilgi alanımıza girmediğinden sadece yeşil noktalara denk gelen pan/tilt açıları kaydedilmiştir.

Yüksek çözünürlüklü görüntü alabilmek için nesne eğer PTZ kamera çerçevesinde küçük bir alan kaplıyorsa zumlama yapmak gereklidir. Bunun için tümyönlü kamerada nesnenin silüetinin kapladığı alan ile PTZ kameranın zum değeri arasında bir ilişki modelledik. Modelin kestirimi için, uzamsal eşleme yaklaşımına benzer şekilde, yaklaşan ve uzaklaşan nesnelere için zum değerinin değiştirilerek veri topladık. Sonuç olarak, Şekil 13'deki kırmızı çemberleri elde ettik. Bu noktaları sağlayacak şekilde ilişkiyi Denklem 4'teki gibi formüle ettik. Şekil 13'deki çizgi Denklem 4'ün verdiği değerleri göstermektedir.

$$zoom = \begin{cases} maxzoom & \text{if } x < area_threshold \\ \left(1 - \frac{x - area_threshold}{1000 - area_threshold}\right) \times maxzoom & \text{if } x \geq area_threshold \end{cases} \quad (4)$$

Bu denklemde PTZ kameranın zum parametresi için kullanılan en yüksek değer *maxzoom* ile gösterilmiştir. Eğer nesnenin silüetini kapsayan dikdörtgenin alanı *area_threshold* değerinden küçükse o zaman daha fazla zum yapılmaz ve *maxzoom* değeri kullanılır. Eğer alan daha büyük ise zum değeri denklemin ikinci kısmındaki gibi hesaplanır. Bizim durumumuzda (bkz. Şekil 13), *area_threshold* 200 piksel alınmıştır. Eğer alan 1000 pikselden büyük ise kamera en geniş açıya ulaşmış demektir.



Şekil 13. PTZ kameranın zum parametresinin kestirimi. X eksenini tümyönlü kameradan elde edilen nesneye ait silüeti kapsayan dikdörtgenin alanı (piksel cinsinden), y eksenini ise PTZ kameranın zum değeridir. Kırmızı çemberler ilişkiyi kurabilmek için yapılan deneyde toplanan verileri, yeşil çizgi ise Denklem 4'ü göstermektedir.

4. Deneyler

Tümyönlü kamera olarak balıkgözü merceklili OnCam Grandeye 360, PTZ kamera olarak Samsung SNP-5300 kullanıldı. Kameralar, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde, trafik akışının nispeten yoğun olduğu yola bakan bir binaya monte edildi. Kameraların çözünürlükleri, PTZ kamerada 528x480 piksel, tümyönlü kamerada ise 1024x768 piksel olarak sabitlendi. Yazılım C/C++ ile Visual Studio 2013'da hazırlandı. Gerçek-zamanlı performans sağlayabilmek için mümkün olduğu yerlerde CUDA destekli OpenCv 3.0 kütüphanesi kullanıldı [19]. Deney sonuçları aşağıda üç alt başlık altında verilmiştir; tümyönlü kamera ile sınıflandırma, PTZ kamera ile sınıflandırma ve yüksek çözünürlüklü nesne takibi.

4.1. Tümyönlü kamera ile sınıflandırma

Bölüm 3.1'de aktarılan K-en yakın komşu sınıflandırıcısı için 96 adet motor, 125 adet araba, 100 adet dolmuş ve 102 adet yaya olmak üzere tek silüetlerden oluşan veri seti toplandı ve şekil tabanlı öznitelikleri çıkartıldı. Bu setin tamamı eğitim için kullanıldı. Test için kullanılan örnek sayısı ve test setindeki sınıflandırma başarısı Tablo 2'de verilmiştir. Doğru sınıflandırılan örnek yüzdesi %97.5 olmuştur. Bu test seti, bir sonraki bölümde vereceğimiz PTZ kamera sınıflandırmasındaki test seti ile aynı örnekleri içermektedir. Bu şekilde, tümyönlü kamera ve PTZ kameranın dahil olduğu sınıflandırmaların başarımını aynı örnekler üzerinde karşılaştırma imkanı bulduk.

Tablo 2. Test seti ile yapılan deneyin hata matrisi ve tümyönlü kameradaki sınıflandırıcının başarı yüzdesi (K-en yakın komşu sınıflandırıcısı için K=5 alınmıştır).

| | | Örnek sayısı | Tespit edilen sınıflar | | | | Başarı yüzdesi |
|-------------------------------|------------|--------------|------------------------|-------|------------|------|----------------|
| | | | Dolmuş | Araba | Motosiklet | Yaya | |
| Gerçek sınıflar | Dolmuş | 94 | 90 | 4 | 0 | 0 | % 95.74 |
| | Araba | 113 | 1 | 112 | 0 | 0 | % 99.12 |
| | Motosiklet | 71 | 0 | 0 | 71 | 0 | % 100 |
| | Yaya | 83 | 0 | 0 | 4 | 79 | % 95.18 |
| Sınıflandırıcı başarı yüzdesi | | | | | | | % 97.51 |

4.2. PTZ kamera ile sınıflandırma

PTZ kamerada sınıflandırma Bölüm 3.2'te açıklandığı gibi HOG öznitelikleri ve DYM ile yapıldı. Eğitim seti için 126 adet araba, 101 adet dolmuş, 104 adet yaya ve 94 adet motor örneği toplanıp elle işaretlendi. Dolmuş/araba DYM'sini eğitmek için, bu sınıflara ait imgeler

120x300 piksel (1:2.5 oranı) boyutuna ölçeklendirildi. Her bir imgeden 4788 elemanlı öznitelik vektörü çıkarıldı. Benzer şekilde, motor/yaya DYM'sini eğitmek için, yaya ve motor örneklerine ait imgeler 120x120 piksel (1:1 oranı) boyutuna ölçeklendirildi ve her bir imgeden 1768 elemanlı öznitelik vektörü çıkarıldı. PTZ kamerada arkaplan çıkarımı ile saptanan pencere, taşıt ile mükemmel bir şekilde örtüşmeyeceğinden, daha gürbüz bir eğitim sağlamak amacıyla, eğitim setindeki pencereler sağa, sola, yukarı, aşağı oynatılarak ve büyütüp küçültülerek örnek sayısı 12 katına çıkarıldı.

Tablo 3, DYM seçimi PTZ kamerada çıkarılan silueti çevreleyen en küçük dikdörtgenin yükseklik-genişlik oranı ile yapıldığında PTZ kamera ile yapılan sınıflandırmanın başarımını vermektedir. Yükseklik-genişlik oranı eşik değerini 0.65 olarak aldık çünkü bu değer eğitim setindeki motosiklet ve yaya örneklerini, araba ve dolmuş örneklerinden en iyi ayıran değer olarak saptanmıştır. Tabloda görüldüğü üzere sınıflandırma başarısı toplamda %91'dir, ki bu değer Tablo 2'de verilen sadece tümyönlü kamera ile yapılan sınıflandırmadan düşüktür. Yanlış sınıflandırılan örneklerin çoğu, saptanan hareketli nesnenin yanlış DYM'ye gönderilmesi nedeniyledir. Buradan PTZ kamerada arkaplan çıkarımı sonrası elde edilen silüetin yükseklik-genişlik oranının örnekleri dolmuş/araba veya motor/yaya olarak iki gruba ayırmada yeterince iyi olmadığı sonucunu çıkarıyoruz.

Daha iyi bir performans elde etmek amacıyla DYM seçimini tümyönlü kamerada tespit edilen sınıfı kullanarak yaptık. Tümyönlü kamerada tespit edilen sınıf motor veya yaya ise motor/yaya DYM, dolmuş veya araba ise dolmuş/araba DYM seçilir. Sonuçlar Tablo 4'te yer almaktadır. Bu şekilde DYM seçimindeki hataların tamamen giderildiği görülmektedir. Tablo 3 ve Tablo 2 ile karşılaştırarak hibrit sistemin sınıflandırma performansının tek kameralı (sadece tümyönlü veya sadece PTZ) yaklaşımların üzerine çıktığı söylenebilir.

Tablo 3. PTZ kamera ile yapılan sınıflandırmanın başarımı. DYM seçimi PTZ kamerada çıkarılan silueti çevreleyen en küçük dikdörtgenin yükseklik-genişlik oranı ile yapılmıştır.

| Sınıf | Örnek sayısı | Yanlış DYM seçen örnek sayısı | PTZ Sınıflandırıcı | | Başarı yüzdesi |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| | | | Doğru sınıflandırma | Yanlış sınıflandırma | |
| Dolmuş | 94 | 9 | 83 | 2 | % 88.30 |
| Araba | 113 | 7 | 106 | 0 | % 93.81 |
| Motosiklet | 71 | 13 | 57 | 1 | % 80.28 |
| Yaya | 83 | 0 | 83 | 0 | % 100 |
| Sınıflandırıcı başarı yüzdesi | | | | | % 91.14 |

Tablo 4. Hibrit sınıflandırmanın başarımı. PTZ kamera görüntüsünden elde edilen HOG öznitelikleri kullanılmış ama DYM seçimi tümyönlü kamera ile gerçekleştirilen sınıflandırmanın sonucu esas alınarak yapılmıştır.

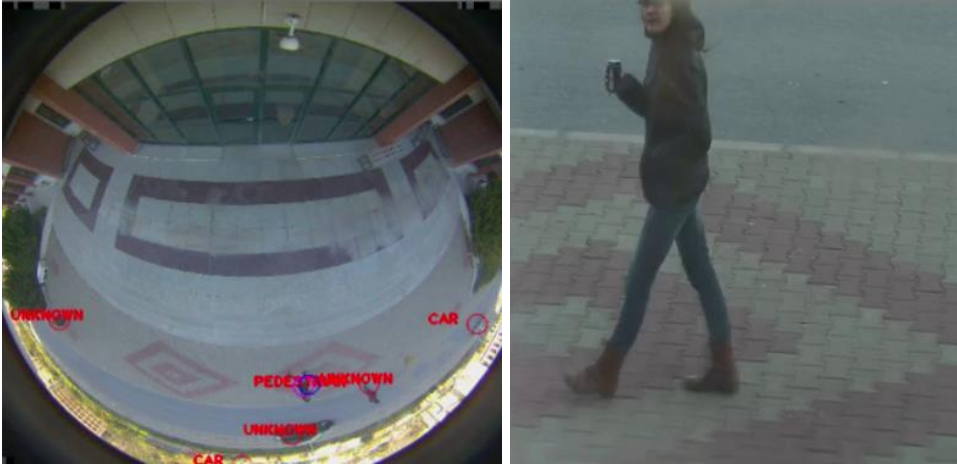
| Sınıf | Örnek sayısı | Yanlış DYM seçen örnek sayısı | PTZ Sınıflandırıcı | | Başarı yüzdesi |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| | | | Doğru sınıflandırma | Yanlış sınıflandırma | |
| Dolmuş | 94 | 0 | 92 | 2 | % 97.87 |
| Araba | 113 | 0 | 113 | 0 | % 100 |
| Motosiklet | 71 | 0 | 70 | 1 | % 98.59 |
| Yaya | 83 | 0 | 83 | 0 | % 100 |
| Sınıflandırıcı başarı yüzdesi | | | | | % 99.17 |

4.3. Yüksek Çözünürlüklü Nesne Takibi

Bölüm 3.3'te açıklanan takip ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme modülünü deneylerle test ettik. Şekil 14a sahnede sadece bir hareketli nesnenin bulunduğu zaman örnek göstermektedir. Yaya olarak etiketlenmiş nesnenin takibi devam etmekte, PTZ kamera da sürekli yayayı içeren ve mümkün mertebe yaya kareyi kapsayacak şekilde harekete devam etmektedir. Sahnede fazla sayıda hareketli nesne olduğunda bunlardan hedef sınıfa (ör: yaya) ait nesneye PTZ kamera yönlendirilir (Şekil 14b). Böyle bir durumda diğer nesneler tümyönlü kamerada takip edilmesine rağmen hedef nesne sahneden çıkana kadar PTZ kamera onunla kalır (Şekil 14c). Deneylerde kazandığımız tecrübe PTZ kameranın zum değerini değiştirmenin görüntü almada gecikmeye neden olduğunu gösterdi. Bu gecikme yayalar ve yavaş araçlar için sorun olmazken hızlı geçen nesneleri kaçırmaya sebep olmaktadır. Ancak, hızlı nesneler de zumlama özelliği devre dışı bırakılarak takip edilebilmektedir (Şekil 15). PTZ kamera yola yakın olduğundan hızlı nesneler birkaç saniye içinde sahneden çıkmaktadır. Kamera yola uzak bir yere konulursa hızlı nesneler yeterince uzun sahnede kalacağından zumlama fonksiyonu dahil PTZ kamera takibi yapılabilir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 14. Hibrit sistem ile yaya takibi. (a) Sahnede sadece bir hareketli nesne var, bu nesne daha önce yaya olarak sınıflandırılmış, takibi ve PTZ kamera ile yüksek çözünürlüklü görüntü alımı devam etmektedir. (b) Sahnede çok sayıda nesne varken yaya tespiti ve takibi. (c) Aynı sahnenin devamında PTZ kamera tespit edilen yayayı görüntülemeye devam etmektedir.



Şekil 15. Hibrit sistem ile dolmuş takibine bir örnek

Şekil 14 ve Şekil 15'te yer azlığı nedeniyle hazırladığımız yazılımın arayüzü gösterilmemiştir, ancak raporun ekinde sisteme yüklenen videolarda arayüz görülebilir. Proje çalışmalarının önceki kısımlarına ait işler dergi makalesi olarak basılmış veya basılmak üzere gönderilmiş idi. Hibrit sistemin entegrasyonu ve tespit, takip sınıflandırma deneylerinin de tamamlanmasının ardından hazırlanan makalemiz de Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science'a değerlendirilmek üzere gönderildi.

5. Sonuçlar

Projemizde bir tümyönlü bir de PTZ kamera kullanarak geniş görüş açısı ve yüksek çözünürlük özelliklerini bir araya getiren hibrit bir sistem oluşturulmuştur. Bu kamera ikilisi ile trafik sahneleri için gerçek zamanlı takip ve sınıflandırma üzerine çalışmalar yapılmıştır. Sınıflandırma amaçlı çalışmalar kapsamında öncelikle tümyönlü kamera üzerinde araç sınıflandırması üzerinde durulmuş, şekil tabanlı öznitelikler ile araba, dolmuş, motosiklet ve yaya sınıfları tespit edilmiştir. Buna paralel olarak PTZ kamerada da bir sınıflandırma modülü

gerçeklenmiş, bu sefer tümyönlü kameraya göre daha yüksek olan çözünürlükten istifade etmek amacıyla HOG öznitelikleri kullanılmıştır. Tek başına PTZ kameradaki sınıflandırma yeterince iyi başarı elde edemezken, tümyönlü kamera sınıflandırmasındaki sonuçlar ön sonuç olarak değerlendirilip üzerine PTZ sınıflandırma eklendiğinde oldukça yüksek başarı elde edilmiştir.

Takip modülünde ise, tümyönlü kamera sınıflandırma ve çoklu nesne takibi işlevlerini yerine getirmekte, hedef sınıfa ait olduğu tespit edilen nesnelere PTZ kamera yönlendirilmektedir. PTZ kamera nesne sahnede kaldığı sürece nesneyi görüntü içerisinde tutacak şekilde görüntü alımı yapmaktadır. Bunun için tümyönlü kamera ve PTZ kamera arasında uzamsal eşleme yapılmış, pan/tilt/zoom değerleri anlık hesaplanarak PTZ kameraya gönderilmiştir.

Yapılan çalışmalar ile hibrit bir sistemin geniş açılı gözetleme ve takip, iyileştirilmiş bir sınıflandırma ve aynı zamanda yüksek çözünürlüklü görüntü alımı için kullanılabileceği gösterilmiştir. Proje süresine oluşturduğumuz veri setleri, tüm araştırmacıların kullanımına imkan sağlamak amacıyla çalışma grubumuzun web sayfası (<http://cvrg.iyte.edu.tr/>) üzerinden paylaşılmıştır.

Referanslar

- [1] Y. Yao, B. Abidi, and M. Abidi, "Fusion of omnidirectional and PTZ cameras for accurate cooperative tracking," in Video and Signal Based Surveillance, pp. 46–46, IEEE, 2006.
- [2] R. Khoshabeh, T. Gandhi, and M. Trivedi, "Multi-camera based traffic flow characterization & classification," in Intelligent Transportation Systems Conf., pp. 259–264, IEEE, 2007.
- [3] B. Morris and M. Trivedi, "Robust classification and tracking of vehicles in traffic video streams," in Intelligent Transportation Systems Conf., pp. 1078–1083, IEEE, 2006.
- [4] P. Kumar, S. Ranganath, W. Weimin, K. Sengupta, "Framework for real-time behavior interpretation from traffic video". Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on 2005, 6(1):43–53.
- [5] N. Buch, J. Orwell, S. Velastin, "Detection and classification of vehicles for urban traffic scenes". In Visual Information Engineering, 5th International Conference on; Jun 29-Aug 01 2008; Xi'an, China: IET. pp. 182–187.
- [6] N. Mithun, N. Rashid, S. Rahman, "Detection and classification of vehicles from video using multiple time-spatial images", Intelligent Transportation Systems, 1215–1225, 2012.

- [7] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," in *Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 886–893, IEEE, 2005.
- [8] T. Gandhi and M. Trivedi, "Video based surround vehicle detection, classification and logging from moving platforms: Issues and approaches," in *Intelligent Vehicles Symp.*, pp. 1067–1071, IEEE, 2007.
- [9] H. C. Karaimer, I. Cinaroglu, and Y. Bastanlar, "Combining shape-based and gradient-based classifiers for vehicle classification," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 800–805, IEEE, 2015.
- [10] A. Sobral and A. Vacavant, "A comprehensive review of background subtraction algorithms evaluated with synthetic and real videos," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 122, pp. 4–21, 2014.
- [11] J. Munkres, "Algorithms for the assignment and transportation problems," *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 5, no. 1, pp. 32–38, 1957.
- [12] G. Welch and G. Bishop, "An introduction to the kalman filter," Univ. of North Carolina, Dept. of computer science, Tech. Rep., TR 95-041, 1995.
- [13] Z. Zivkovic, "Improved adaptive gaussian mixture model for background subtraction," in *Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 2, pp. 28–31, IEEE, 2004.
- [14] G. Scotti, L. Marcenaro, C. Coelho, F. Selvaggi, and C. Regazzoni, "Dual camera intelligent sensor for high definition 360 degrees surveillance," *IEEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing*, vol. 152, no. 2, pp. 250–257, 2005.
- [15] B. He, Z. Chen, and Y. Li, "Calibration method for a central catadioptric-perspective camera system," *JOSA A*, vol. 29, no. 11, pp. 2514–2524, 2012.
- [16] Y. Bastanlar, "A simplified two-view geometry based external calibration method for omnidirectional and PTZ camera pairs," *Pattern Recognition Letters*, vol. 71, pp. 1–7, 2016.
- [17] X. Zhou, R. Collins, T. Kanade, P. Metes, "A Master-Slave System to Acquire Biometric Imagery of Humans at Distance". *ACM International Workshop on Video Surveillance*, 2003.
- [18] M. Tarhan, E. Altug, "A catadioptric and pan-tilt-zoom camera pair object tracking system for UAVs". *Journal of Intelligent & Robotic Systems* 2011, 61(1):119–134.
- [19] G. Bradski, A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library* Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., 2008.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

| | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proje Yürütücüsü: | Yrd. Doç. Dr. YALIN BAŞTANLAR |
| Proje No: | 113E107 |
| Proje Başlığı: | Trafik Sahnelerinde Tümyönlü ve Ptz Kameralar ile Araç Tespiti ve Sınıflandırması |
| Proje Türü: | 3501 - Kariyer |
| Proje Süresi: | 30 |
| Araştırmacılar: | |
| Danışmanlar: | |
| Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: | İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENS. MÜHENDİSLİK F. BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ |
| Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: | 01/10/2013 - 01/04/2016 |
| Onaylanan Bütçe: | 161452.0 |
| Harcanan Bütçe: | 135315.67 |
| Öz: | <p>Çalışmamızda trafik sahnelerindeki araçların tespit edilip sınıflandırması için bir tümyönlü bir de pan-tilt-zoom (PTZ) kamera içeren hibrit bir kamera sisteminin kullanılması önerilmiştir. Önerilen sistemde, tümyönlü kamera şekil tabanlı öznitelikler ile taşıt sınıflandırması yapabilmekte, eğer varsa hedef sınıf olarak belirlenmiş nesnelere tespit ederek PTZ kameranın o nesnelere yönelmesini sağlayabilmektedir. Bu şekilde, tümyönlü kamera genel tespit, takip ve sınıflandırma işlemine devam ederken istenilen araçlar için PTZ kamera yüksek çözünürlüklü görüntü alabilmektedir. Ayrıca, sınıflandırma başarımını artırmak amacıyla PTZ kamera görüntülerinden çıkarılan gradyan tabanlı öznitelikleri de kullanarak ikinci bir sınıflandırma yapılabilmektedir. Bahsedilen yaklaşımların sınıflandırma başarımları yapılan deneylerle ölçülmüştür. Ayrıca PTZ kamera ile takip modülü gerçekçi senaryolar üzerinde incelenmiştir. Üzerine çalışılan nesne tipleri motosiklet, araba, dolmuş ve yayadır.</p> |
| Anahtar Kelimeler: | Tümyönlü kamera, Pan-tilt-zoom kamera, Taşıt tespiti, Taşıt sınıflandırması |
| Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?: | Hayır |
| Projeden Yapılan Yayınlar: | <ol style="list-style-type: none">1- Detection and Classification of Vehicles from Omnidirectional Videos Using Temporal Average of Silhouettes (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),2- Classification of Vehicles Using Binary Foreground Images Averaged Over Time (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum),3- Car Detection with Omnidirectional Cameras Using Haar-Like Features and Cascaded Boosting (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum),4- A Direct Approach for Human Detection with Catadioptric Omnidirectional Cameras (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum),5- Trafik Sahnelerinde Nesne Tespit ve Sınıflandırması İçin Yöntem (Patent - Ulusal - Başvuru),6- A DIRECT APPROACH FOR OBJECT DETECTION WITH OMNIDIRECTIONAL CAMERAS (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi),7- A simplified two-view geometry based external calibration method for omnidirectional and PTZ camera pairs (Makale - Diğer Hakemli Makale),8- A direct approach for object detection with catadioptric omnidirectional cameras (Makale - Diğer Hakemli Makale),9- Combining shape-based and gradient-based classifiers for vehicle classification (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),10- SHAPE BASED DETECTION AND CLASSIFICATION OF VEHICLES USING OMNIDIRECTIONAL VIDEOS (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi), |