

GERÇEK ZAMANDA ARKA PLANIN MODELLENMESİ VE GÜNCELLEŞTİRİLMESİNE DAYALI HAREKETLİ NESNENİN İZLENMESİ

Murat EKİNCİ¹Eyüp GEDİKLİ²

^{1,2}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
61080 Trabzon, Tel:0462 377 35 84

¹e-posta: ekinci@ktu.edu.tr²e-posta: gedikli_eyup@hotmail.com

Anahtar kelimeler: Bilgisayarla Görme, Gerçek Zamanda Görüntü İşleme, Hareketli Nesne İzleme, Görsel Tabanlı Güvenlik Sistemi.

ÖZET

Bu bildiride, gerçek zamanda, arka planın modellenmesi ve güncelleştirilmesine dayalı hareketli nesnelerin izlenmesini gerçekleştiren bir yöntem sunulmuştur. Sistem statik CCD kameradan alınan gri görüntüler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Arka planın modellenmesinde, kameradan alınan çerçevelerin tüm piksel yoğunluk değerleri, daha önce gelmiş aynı konumdaki piksel yoğunluk değerleri ile karşılaştırılır ve bu değerlerin tekrarlanma sayıları ilgili piksel için saklanır. Gözetlenen alanın trafiğine ve dış etkenlere bağlı olarak belirlenen süre sonunda, piksellerin en çok tekrar eden değerleri, arka planın ilgili pikselinin değeri olarak atanır. Hareketli nesnenin durması ve ışık gibi diğer değişikliklerden dolayı arka planda oluşabilecek değişimlere karşı model otomatik olarak güncellenir. Hareketli cisimleri tanıma ve izleme işlemi, arka plan modeline dayalı yapılır. Gelen her bir çerçeve güncellenmiş arka plan modeliyle karşılaştırılarak hareketli bölgeler bulunur. Algılanan her bir hareketli bölgenin iskeleti üretilerek hareketli bölgenin insan olup olmadığı kararlaştırılır. Bu bölgeler gözetleme alanından çıkıncaya kadar, yüksek seviyeli algoritmalar desteğiyle izlenerek yorumlanır.

1. GİRİŞ

Otomatikleştirilmiş video gözetleme, bilgisayarla görme dalında önemli bir araştırma olarak ortaya çıkmıştır. Varolan sistemler, yetersiz olmalarının yanında kullanım için büyük hesaplama gücü ve maliyet gerektirmektedir[1,2]. Gerçek zamanda gözetleme ve izleme yapabilmek için iyi derecede tanıma kapasitesine sahip, fonksiyonluğu az olan algoritmalar gerekmektedir.

Hareketin algılanması için genelde arka plandan çıkarma tekniği kullanılır [1,2,7]. Arka planın belirlenmesi ve adaptasyonu fazla işlem gerektirir [1,2,5,6,7]. Arka plan modelini belirlemek için, ön plan bilgisinin olmadığı çerçeve dizilerinin kullanmak, hata açısından en ideal düşüncedir. Fakat, trafiği yoğun olan alanların gözetlenmesinde, ön plan bilgisi mevcut iken arka plan modelinin belirlenmesi gerekir.

Arka planın modellenmesi üzerine pek çok çalışma vardır. Çoğu arka plan modelinin sunumu ve güncellemesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bazı teknikler arka planın bir parçası olan hareketi modellemek için arka planı çoklu model ile sunar [6,11]. Modellenemeyen sunumlar arka plandaki hareketi algılamada hata eğilimde olurlar. Benzer yöntemler geçici düzeltirme yaparak arka planın yoğunluk değerini tahmin eder [7,9,11] ve daha önce gelmiş değerlerden tek bir değer üretir [12]. [2]' de her bir pikselin maksimum ve minimum yoğunluk değerleri ile geçici maksimum standart sapma ile arka plan modellenir. Sonuçları bakımından iyi olmayan [13]' de kenar tabanlı arka plan temsili önerilmiştir.

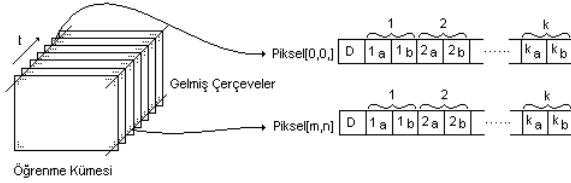
Bu bildiride sunulan sistem, hareketli nesnelere izlemek ve aktivitelerini yorumlamak için gerçek zamanda arka planı hızlı bir şekilde modeller ve günceller. İnsan hareketini analiz etmede üç yaklaşım vardır: geçici fark [3,4], optik akış [5] ve arka plandan çıkarma [1,2,6,7]. Geçici fark alma yöntemi değişken alanlarda iyi çalışır, fakat gözetlenen alanın tümüyle ilgilenir. Optik akış, kameranın o anki konumundan bağımsız bir şekilde hedefi belirler. Zorluğu karmaşık hesaplamalar gerektirmesi ve gerçek zamanda icra edilebilmesi için özel donanımlara ihtiyaç duymasıdır. Arka plandan çıkarma yöntemi, dışardan gelen dinamik değişimleri tam olarak algılayamaz. Arka plandan çıkarma yöntemi, gerçek zamanda gözetleme uygulamalarının yanında [7], video kodlama uygulamalarında da kullanılır [8].

Bu bildiride, ön plan bilgisinin olduğu alanlarda arka planı modelleyen, değişimlere karşı bu modeli güncelleyen, hareketli nesneyi belirleyen ve nesnenin insan olup olmadığına karar verip izleyen sistem, deneysel sonuçlarla sunulmuştur.

2. ARKA PLANIN MODELLENMESİ

Burada sunulan yöntem, piksel değerlerini sınıflandırma mantığına dayanır. Kameradan gelen her bir piksel değeri, daha önce gelmiş olan aynı konumdaki piksel değerleri ile karşılaştırılır. Şu andaki değer daha önce gelmişse tekrar sayısı artırılır.

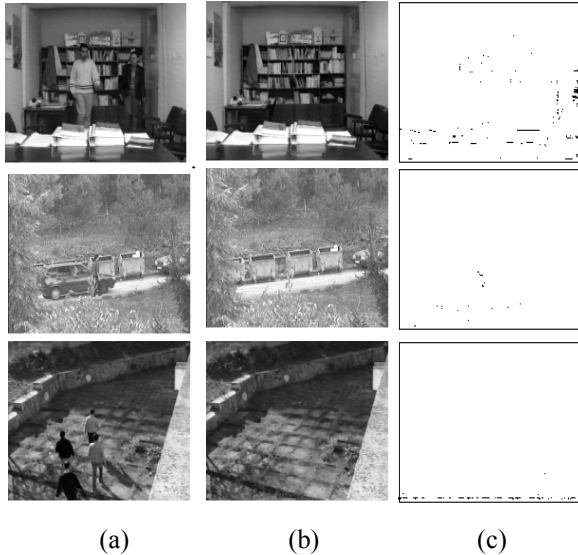
Değer daha önce gelmemiş ise daha sonra gelecek değerlerle karşılaştırmak için saklanır. Gözetlenen alanın yoğunluğuna göre, 20-30 sn' lik gözetlemeden sonra, arka plan model tahmini yapılır. Modeldeki değerler, piksellerin en çok tekrar eden değerleridir. Bu nedenle, bu yöntemde, en çok tekrarlılık oranı BRR (biggest redundancy ratio) denir.



Şekil 1. Arka plan modelini elde etme. (solda) Öğrenme seti (200-600 çerçeve), (sağda) her bir piksel için sınıflandırma kaydı.

Şekil 1. de görüldüğü gibi, modelleme süresince piksel değerlerinin tutulduğu bir sınıflandırma kaydına ihtiyaç vardır. Sınıflandırma kaydında, D hücresi, her bir piksel için farklı parlaklık değerlerinin sayısını, 1a,2a,.. hücreleri bu parlaklık değerlerini, 1b,2b, ... hücreleri bu parlaklık değerleri için tekrar edilme sayılarını barındırır.

Burada kullanılan veri yapısının boyu, aynı konumdaki piksel değerlerinin çeşitliliğine bağlı olup dinamiklidir.



Şekil 2. Algoritmanın değişik alanlarda çalışması: (a) herhangi bir andaki alınan görüntü, (b) hesaplanan arka plan modeli, (c) hatalı pikseller (siyah).

Şekil 2' de, farklı senaryolarda üretilmiş arka plan modelleri hataları ile birlikte verilmiştir. İlkinde odada iki kişi, ikincisinde trafiği yoğun olan (araba, insan) bir alan ve diğerinde birbirinden bağımsız hareket eden insanların bulunduğu dışardan bir sahne

gözetlenmiştir. Şekil 2.b. de elde edilmiş arka planlar , 2.c. de arka plan hataları gösterilmiştir.

BRR yöntemi, mediandan esinlenerek geliştirilmiştir. Medianın tüm özelliklerini kapsamakla birlikte daha avantajlıdır. Bunlar:

- 1) Median yönteminde, arka plana dahil olacak olan her piksel değeri, modelleme süresi boyunca, %50' den daha fazla tekrarlanmalıdır. Bu algoritma pikselin en çok tekrar eden parlaklık değerini arka plan olarak tahmin eder.
- 2) BRR' nin ihtiyaç duyduğu bellek gereksinimi, mediana göre daha azdır.
- 3) Median, modelleme için gerekli çerçevelerini aldıktan sonra, piksel değerlerinin sıralamak için zamana ihtiyaç duyar. BRR yönteminde buna gerek yoktur.

Sonuç olarak BRR, gerçek zamanlı uygulamalarda önemli olan bellek ve zaman parametrelerini mediana göre daha optimum yapar.

3. ARKA PLANIN GÜNCELLENMESİ

Uzun süreli gözetlemelerde, zamanla arka plan modeli aslına temsil edemez [6]. Bu nedenle arka planın güncellenmesi gerekir.

Güncelleme için iki yaklaşım vardır. Birincisi adaptif olarak arka planın güncellenmesidir. Adaptif güncelleme, çevredeki ufak değişiklikleri arka plan modelini de kullanan mekanizma ile yapılır. Güncelleme mekanizması aşağıdaki geçici süzgeç kullanılarak icra edilir.

$$\bar{K}_{n+1} = \alpha * K_{n+1} + (1 - \alpha) * \bar{K}_n \quad (1)$$

Buradaki K_n , n'inci çerçevedeki her bir pikselin değeri. \bar{K}_n ortalama. $\alpha = t * f$, t zaman sabiti ve f çerçeve oranıdır.

İkinci yaklaşım periyodik olarak BRR' nin tekrar uygulanmasıdır. Başka bir deyişle yeniden arka planın modellenmesidir. Bu yaklaşımla fiziksel değişiklikler güncellenir.

4. ÖN PLAN BÖLGE BELİRLEME

Ön plan bölgesinin belirlenmesi için en uygun yöntem, ideal arka planın gelen çerçeveyi çıkarmaktır. İyi şekilde güncellenmiş arka plan modeline dayalı hareketli nesne bölgesini belirleme işlemi dört adımda gerçekleşir: eşikleme, gürültü temizleme ve morfolojik süzgeçleme ve nesne belirleme.

Eğer piksel değeri, \bar{K}_n 'nin 2σ komşuluğunda ise arka plana dahildir. Buradaki σ geçici olarak güncellenen standart sapmadır.

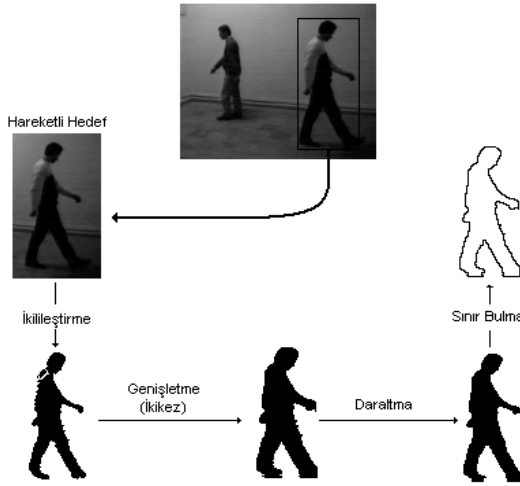
$$\bar{\alpha}_{n+1} = \alpha \left| K_{n+1} - \bar{K}_{n+1} \right| + (1 - \alpha) \bar{\alpha}_n \quad (2)$$

Buradaki $\bar{\alpha}_n$, icra anındaki piksellerin standart sapmasıdır.

Eşikleme ön plan bölgesini belirlemede tek başına yeterli olmaz. Bu çalışmada bölge tabanlı gürültü temizleme yöntemi kullanılarak, gürültü bölgeleri elimine edilir. Sonra ön plan bölgesi bulunur ve etiketlenir. Her bir nesne için görünüş ve şekil kümesi üretilerek insan diğer nesnelere ayırt edilir.

Gürültüden temizlenmiş çerçevenin yatay ve dikey histogramları hesaplanarak ön plan bölgesinin sınırları belirlenir.(Şekil 3 üst-merkez)

Sınırları belirli bölgeye morfolojik süzgeçlerden iki kez genişletme (dilation) ve bir kez daraltma (erosion) uygulanarak bölge aykırılıklardan temizlenir. Sonra şekil 3'teki gibi kenar takibi algoritması kullanılarak dış hatlar belirlenir.



Şekil 3. Ön plan bölgesinin belirlenmesi ve işlenmesi

Son adım, nesnenin insan olup olmadığı kararının verilmesidir. Bunun için hareketli bölgenin iskeleti çıkarılır.

İskelet çıkarmada inceltme (thining) ve uzaklık transformasyonu gibi teknikler kullanılır. Bu teknikler hesaplama açısından pahalıdır. Burada gerçek zamanda kullanılabilen sınırlardaki ekstremler noktasını bulan yöntem kullanılmıştır. İskelet üretme işlemi aşağıdaki gibi yapılır:

- 1) Hareketli bölgenin ağırlık merkezi hesaplanır.

$$x_c = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^F x_i, \quad y_c = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^F y_i \quad (3)$$

Buradaki (x_c, y_c) merkez noktası, F kenar piksel sayısı, (x_i, y_i) bölgedeki piksellerdir.

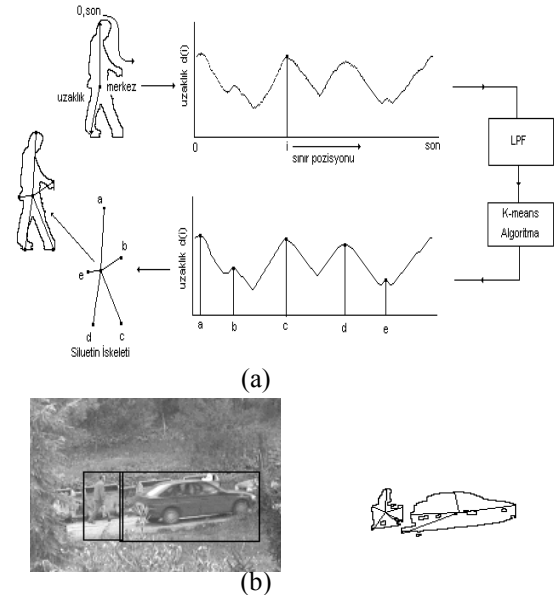
- 2) Tüm (x_i, y_i) ' lerin (x_c, y_c) ' lere olan uzaklıkları belirlenir.

$$d(i) = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} \quad (4)$$

- 3) Lineer düzleştirme süzgeci veya alçak geçiren süzgeç kullanılarak $d(i)$ ' işaretinin gürültüleri elimine edilir.
- 4) K-means algoritmasıyla lokal maksimumlar bulunur.

Şekil 4'de görüldüğü gibi lokal maksimumlardan bölgenin iskeleti çıkarılır. Bu iskelet yapısı sayesinde nesnenin insan olup olmadığına karar verilir. Şekil 4.b'de görüldüğü gibi insan ve arabanın iskelet yapıları birbirinden farklıdır.

İskelet oluşturma iteratif olmayıp az hesaplama gerektirir. Diğer analiz teknikleri [9,2,10], insan aktivitelerini analiz etmek için yapay bir insan modeline ihtiyaç duyarlar. İskelet oluşturmaya dayalı tanıma böyle bir modele gereksinim duymadığından araç, hayvan gibi diğer nesnelere tanımak için de kullanılabilir (şekil 4.b.) .

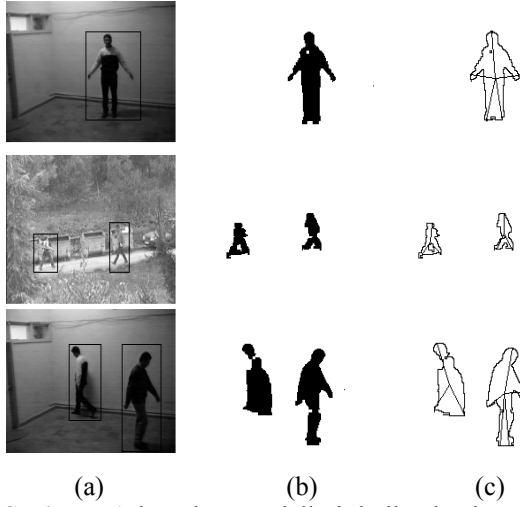


Şekil 4. a) sınırları belirlemiş hareketli bölgeler, b) araba ve insan için üretilmiş iskeletler

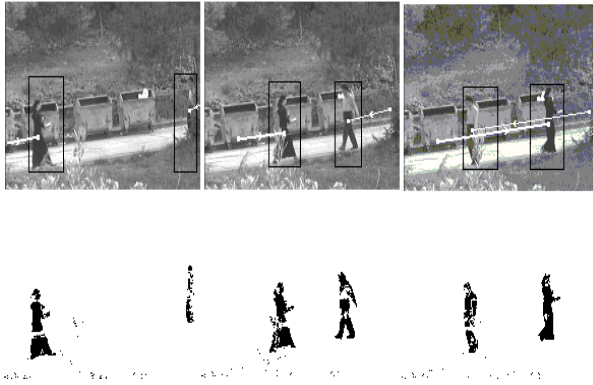
5. HAREKET İZLEME VE ANALİZİ

İzleme algoritması, statik kameradan alınan çerçevelerdeki hareketli bölgeleri belirlemeye ve tanıma dayalıdır. Şekil 5'te, farklı ortamların gözetlenmesi sonucu elde edilmiş hareketli nesnelere ve bu nesnelere ilişkin iskeletleri verilmiştir. İzleme işlemi, hareketli bölgenin ağırlık merkezi, bir eğri haritasında tutularak yapılır. Nesne durduğu yada önüne başka bir nesnenin geçtiği veya kaybolduğu durumlarda, izleme alçak seviyeli işlemlerle yapılamaz. Bu gibi durumlarda, eğri haritası kullanılarak yüksek seviyeli işlemlerle mümkün olabilecek pozisyon tahmin edilir. Alçak seviyeli işlemlerle elde edilemeyen verilerin katsayısı düşer ve eşik değerinin altına inince nesnenin kaybolduğu kanısına varılıp eğri haritası kayıt listesinden çıkarılır. Eğer bu nesne alçak seviyeli işlemlerle yeniden ortaya

çıkarsa, yeni bir nesne gibi izlemeye alınır. Şekil 6'da böyle bir olay sahnelenmiştir.



Şekil 5. Arka plan modelleri kullanılarak ön plan bölgesinin belirlenmesi. a) şundaki çerçeve, b) belirleme ve ikili gösterim, c) ön plan bölgesinin iskeletinin oluşturulması



Şekil 6. Ön plan bölgelerinin izlenmesi ve beyaz çizgi ile belirlenmiş sonuçlar.

Bu sistem, bir nesne sahnedan çıktığı durumlarda izlemeyi gerçekleştiremez. Bunun için hareketli bir platforma sabitlenmiş CCD kameraya ihtiyaç duyulur. Biz bu sisteme sahibiz. Fakat bu çalışmanın odağında olmadığından sunulmamıştır. İnsanların hareket analizi bu çalışmanın devamı olacaktır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, gerçek zamanda arka plan sahnesinin modellenmesi ve güncellenmesine dayalı insanların izlenmesi için bir yöntem sunulmuştur. Sistem, hareketli nesnelerin bulunduğu gözetleme alanlarında arka plan modelleyebilmiştir. Zamanla oluşabilecek değişimlere karşı arka plan güncellenmiştir. Arka planla karşılaştırma yapılarak elde edilen hareketli bölgenin iskelet yapısına dayalı insanlar tanınmıştır. Hareketli bölgenin ağırlık merkeziyle izleme yapılmıştır.

Bu bildiride sunulan algoritma, herhangi bir özel donanım kullanılmadan, Windows 98 işletim sisteminde koşan C++ derleyicisinde icra edilmiştir. Çalışmalar, 192x149 çözünürlükteki gri ölçekli görüntülerle yapılmıştır. 400MHz Celeron işlemciye sahip bir PC de, hareket eden insan sayısına bağlı olarak, 8-17fps performansı sağlanmıştır. Bu çalışma KTÜ Araştırma Fonu tarafından desteklenen bir projedir.

KAYNAKLAR

- [1] R.T. Collins, A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, T. Kanade, "Algorithms for Cooperative Multisensor Surveillance", *Proceeding of IEEE, Vol. 89. No.10, 2001.*
- [2] I. Haritaoglu, D. Harwood, L.S. Davis, "W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No.8, 2000.*
- [3] P.L. Rosin, T. Ellis, "Image Difference Threshold Strategies and Shadow Detection", in *Proceeding. British Machine Vision Conference, 1995.*
- [4] M. Ekinci, V. V. Nabiyev, "Trafik Görüntü Dizisinde Araçların Sınıflandırılması ve İzlenmesi", 9. *Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, 2001.*
- [5] D. Gutshess, M. Trajkovic, E. Cohen-Sola, D. Lyons, A. K. Jain, "A Background Model Initialization Algorithm for Video Surveillance", *IEEE International Conference on Computer Vision, 2001.*
- [6] K. Toyama, J. Krumn, B. Brumit, B. Meyers, "Wallflower: Principles and Practice of Background Maintenance", *7th IEE International Conference on Computer Vision, November, 1999.*
- [7] W. Grimson, C. Stauffer, R. Romano, L. Lee, "Using Adaptive Tracking to Classify and Monitor Activities in a Site", in *Proceeding of IEEE Conference on Computer Vision and Recognition, 1998.*
- [8] J. Vass, K. Palaniappan, X. Ahuang, "Automatic Spatio-Temporal Video Sequence Segmentation", in *Proceeding IEEE International Conference on Image Processing, 1998.*
- [9] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, A. Petland, "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Vision Intelligence, July 1997, Vol. 19, no 7.*
- [10] S.Ju, M. Black, Y. Yacoob "Cardboard People: A Parametized Model Of Articulated Image Motion" *International Conference on Face and Gesture Analysis, 1996.*
- [11] A. Elgammal, D. Harwood, and L. Davis, "Non-parametric model for background subtraction", in *Proceeding 6th European Conference on Computer Vision, Dublin, Ireland, 2000.*
- [12] W. Long and Y. H. Yang, "Stationary Background Generation : An alternative to the Difference of Two Images", *Pattern Recognition, vol. 23, no. 12, 1990.*
- [13] Y. H. Yang and M. D. Levine, "The Background Primal Sketch: An Approach for tracking moving objects", *Machine Vision and Applications, vol.5, 1992.*