

Videoda Gece Yangını Tespiti

Video Based Fire Detection at Night

Kasım Taşdemir, Osman Günay, B. Uğur Töreyn, A. Enis Çetin

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Bilkent Üniversitesi

{tasdemir,osman,ugur,cetin}@ee.bilkent.edu.tr

Özetçe

Kamerallı güvenlik sistemlerinin bina içi ve dışı güvenlik uygulamalarında yaygınlaşmasıyla birlikte, bilgisayarlı gözü literatüründeki video tabanlı yangın tespit yöntemlerinin sayısında da bir artış gözlenmiştir. Literatürdeki video tabanlı yangın tespit yöntemleri, yangının gündüz ya da gece çıkmasına göre bir farklılık göstermemektedir. Bu bildiriye, geceleyin (karanlık ortamlarda) çıkan yangınların videoda tespit edilmesine yönelik özgün bir yöntem sunulmaktadır. Yöntem, gece yangınlarını farklı yönlerden betimleyen üç alt-yordamdan oluşmaktadır. Alt-yordamların ayrı ayrı kararları, en-küçük-ortalama-kare tabanlı bir karar birleştirme yöntemiyle bir araya getirilmekte ve son karar bu şekilde verilmektedir.

Abstract

There has been increasing interest in the study of video based fire detection as video based surveillance systems become widely available for indoor and outdoor monitoring applications. Video based fire detection methods in computer vision literature do not take into account whether the fire takes place in the day time or at night. A novel method explicitly developed for video based detection of fire at night (in the dark) is presented in this paper. The method comprises three sub-algorithms each of which characterizes certain part of fire at night. Individual decisions of the sub-algorithms are combined together using a least-mean-square based decision fusion approach.

1. Giriş

Günümüzde kamerallı güvenlik sistemleri bina içi ve dışı güvenlik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler çoğunlukla herhangi bir olay gerçekleştikten sonra olayın yeniden izlenmesi ve delil tespiti amaçlarına yönelik olarak hizmet vermektedir.

Bina içlerinde yaygın olarak kullanılan ateş ve duman algılayıcıları ise, yangın esnasında açığa çıkan çeşitli parçacıkların iyonlaşma ve fotometri gibi yöntemlerle tespiti esasına dayanmaktadır. Nokta algılayıcı olarak da adlandırılan bu cihazların en önemli eksiklikleri uzaklığa bağlı olmaları nedeniyle açık ve geniş alanlarda çalışmamalarıdır. Yangınla açığa çıkan parçacıklar, yangın alarmı verilebilmesi için, sensörlere ulaşmak zorundadır. Bu da tespit süresinde uzamalara sebep olmaktadır. Duman ve alev tespitinde video kullanılmasının en faydalı yanı sensörlerin noktasal kapsama alanı yerine hacimsel görüş alanına sahip olmasıdır. Bu

sebeple görüş alanı içerisine düşen herhangi bir yangın ilk evrelerinden itibaren izlenebilir ve alarm üretilebilir.

Son yıllarda, bilgisayarlı gözü ile ilgili yayınlarda video tabanlı yangın tespit yöntemlerinin sayısında bir artış gözlenmiştir [1-5]. Literatürde yer alan video tabanlı yangın tespit yöntemleri, yangının gün içerisindeki çıkış vaktini ve bulunduğu konumdaki aydınlık seviyesini dikkate almamakta, yangının gündüz ya da gece çıkmasına göre bir farklılık göstermemektedir. Bu bildiriye, geceleyin (karanlık ortamlarda) çıkan yangınların videoda tespit edilmesine yönelik özgün bir yöntem sunulmaktadır. Yöntem, gece yangınlarını farklı yönlerden betimleyen üç alt-yordamdan oluşmaktadır. Alt-yordamlardan elde edilen kararlar, en-küçük-ortalama-kare tabanlı bir karar birleştirme yöntemiyle bir araya getirilmektedir.

2. Yordam Bileşenleri

2.1 Duran Nesnelere Bulunması

Yavaş hareket eden veya duran nesnelere ikili arkaplanlar kullanarak bulunur. Kameranın sabit olduğu varsayılarak, x piksel konumu ve n çerçeve numarası olmak üzere farklı güncelleme hızına sahip arka plan resimleri $B^{hizli}(x,n)$, $B^{yavas}(x,n)$ kestirilmiştir [6, 7].

Arka plan resmi $B(x,n+1)$, aşağıdaki özyinelemeli yordam ile resim çerçevesi $I(x,n)$ ve arka plan resmi $B(x,n)$ kullanılarak kestirilmiştir:

$$B(x,n+1) = \begin{cases} aB(x,n) + (1-a)I(x,n), & x \text{ hareketsiz} \\ B(x,n), & x \text{ hareketli} \end{cases} \quad (1)$$

Bu denklemde, $I(x,n)$, n . çerçevedeki x pikseline ait parlaklık değerini göstermektedir ve a 0 ile 1 arasında bir parametredir. Başlangıçta $B^{hizli}(x,0)$ ve $B^{yavas}(x,0)$ değerleri $I(x,0)$ olarak alınabilir. Hareketsiz ve hareketli piksel tanımlaması [8] de verilmiştir. Arka plan resimleri $B^{hizli}(x,n)$ ve $B^{yavas}(x,n)$, (1) numaralı denklemde gösterildiği gibi farklı hızlarda güncellenebilir.

Kameranın görüş alanı içerisindeki yavaş hareket eden nesnelere B^{hizli} ve B^{yavas} arka plan resimlerinin karşılaştırılması ile tespit edilmektedir [6-9].

Birinci alt yordama ait güven seviyesini gösteren karar değeri, arka plan resimlerinin farkıyla tespit edilmiştir. Karar fonksiyonu $D_I(x,n)$ şöyle tanımlanmaktadır:

$$D_I(x,n) = \begin{cases} -1, & \text{eğer } |B^{hizli}(x,n) - B^{yavas}(x,n)| \leq T_{dizli} \\ 2 \frac{|B^{hizli}(x,n) - B^{yavas}(x,n)| - T_{dizli}}{T_{yukse} - T_{dizli}} - 1, & \text{eğer } T_{dizli} \leq |B^{hizli}(x,n) - B^{yavas}(x,n)| \leq T_{yukse} \\ 1, & \text{eğer } T_{yukse} \leq |B^{hizli}(x,n) - B^{yavas}(x,n)| \end{cases} \quad (2)$$

Bu denklemde $0 < T_{düşük} < T_{yüksek}$ deneysel olarak tespit edilmiş eşik değerleridir. Bu çalışmada videonun ışıklılık bileşenindeki (Y) eşik değeri olarak $T_{düşük}$ ($T_{yüksek}$) 10(30) olarak alınmıştır.

Eğer $|B^{hizli}(x,n) - B^{avas}(x,n)|$ farkının değeri eşik değeri $T_{yüksek}$ ($T_{düşük}$)'den yüksek (düşük) ise karar değeri 1 (-1) dir. $D_1(x,n)$ karar fonksiyonu [-1,1] arasında değerler almaktadır.

2.2 Parlak Bölgelerin Bulunması

Duran nesnelere tespit edildikten sonra bu bölgelerde parlaklık analizi yapılır. Gece çıkan uzak mesafeli yangınlarda ateş genelde parlak olarak görülür bu yüzden gündüz uygulanan renk analizlerinin gece koşullarında uygulanması zorlaşır. Karar fonksiyonu $D_2(x,n)$ YUV renk uzayının $Y(x,n)$ kanalının değerine bağlı olarak -1 ve 1 arasında değerler alır. Karar fonksiyonu $D_2(x,n)$ aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D_2(x,n) = \begin{cases} 1 - \frac{255 - Y(x,n)}{128}, & \text{eğer } Y(x,n) > T_l \\ -1, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (3)$$

Bu denklemde $Y(x,n)$ n . resim çerçevesinin x konumundaki pikselle ait ışıklılık değerini gösterir. Işıklılık elemanı [0,255] aralığında değerler alır. Eşik değeri T_l deneysel olarak hesaplanıp $Y(x,n)$ değeri üzerinden 180 olarak alınmıştır. $Y(x,n)$ değeri arttıkça karar fonksiyonu 1'e yaklaşır, azaldığında -1 ulaşır.

2.3 Periyodik Bölgelerin Bulunması

Gece koşullarında yanlış alarm kaynağı olan araba farları, dönen tepe lambaları ve şehir ışıkları genelde periyodik özellikler gösterir. Yanlış alarmları azaltmak için resimdeki periyodik bölgelerin bulunup yangın bölgelerinden ayrılması gerekir. Buradaki periyod tanımı [4]'te anlatılan görünen ışıktaki ateş bulmak için kullanılan periyod tanımından farklıdır. [4]'te periyodik hareket olarak ateş bölgelerinin sınırlarındaki yüksek frekanslı hareketler olarak belirlenmiştir. Gece yangını konusunda ise kusursuz periyodik hareket gösteren araçların tepe lambaları gibi yanlış alarm kaynaklarını azaltmak için periyodik bölgeler elimine edilmiştir. Bu alt-yordam için geliştirilen karar fonksiyonu $D_3(x,n)$ periyodik bölgeleri bulmak için kullanılır.

Resimdeki periyodik bölgeler bulunmadan önce ateş olabilecek aday bölgeler bulunur. Aday bölgeler $D_1(x,n)$ ve $D_2(x,n)$ karar fonksiyonlarının denklemleri kullanılarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$A(x,n) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } D_1(x,n) > 0.8 \text{ ve } D_2(x,n) > 0.5 \\ 0, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (4)$$

Aday pikseller birleşmiş bölgeler olarak gruplanır ve iki aşamalı bir birleşmiş eleman etiketleme yordamı ile etiketlenir [10]. Aday bölgelerin resim çerçeveleri arasındaki hareketi ayrıca bir nesne izleme yordamı kullanılarak takip edilir [11]. Takip edilen her aday bölgenin ardışık 50 çerçeve süresince ortalama piksel değerleri tutulur. Elde edilen 50 elemanlı vektör kullanılarak bölgenin periyodik olup olmadığına karar verilir.

Periyodikliğin belirlenmesi için "benzerlik matrisi" yöntemi kullanılır. Benzerlik matrisi için en basit olarak

mutlak ilinti kullanılabilir [12]. Bu durumda benzerlik matrisini aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$M(k,l) = |s(k) - s(l)| \quad (5)$$

$$k = 1, 2, \dots, N$$

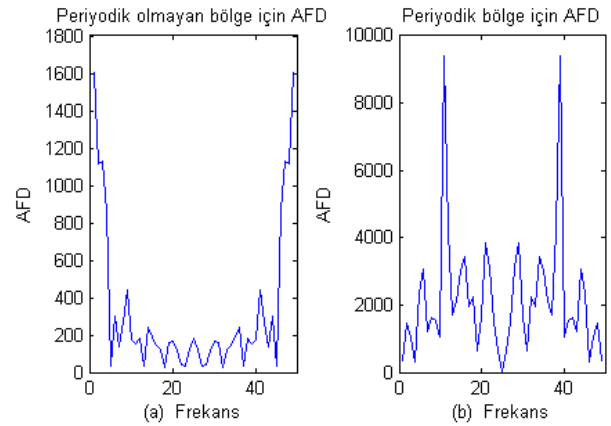
$$l = 1, 2, \dots, N$$

Bu denklemde $s(n)$ 50 elemanlı ortalama değer vektörünü, M ise 50×50 boyutunda bir matrisi göstermektedir. Bu yöntemde M matrisinin her satırının Ayrık Fourier Dönüşümü (DFT, AFD) alınır ve sonuçlar toplanır. Şekil-1'de periyodik ve periyodik olmayan diziler için AFD grafikleri verilmiştir.

Bu alt-yordam için karar fonksiyonu aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$D_3(x,n) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } 3\sigma + \mu < \max_{n=1:N}(\text{abs}(F(n))) \\ -1, & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (6)$$

Bu denklemde σ AFD dizisi F 'in standart sapması ve μ de ortalama değeridir.



Şekil 1: (a) Periyodik olmayan, (b) Periyodik bir ortalama vektörü için Ayrık Fourier Dönüşümü grafiği.

3. Alt-yordam Ağırlıklarının Uyarlaması

Video tabanlı güvenlik sistemlerinde çoğunlukla, sistemi izlemekle yükümlü bir güvenlik görevlisi bulunmaktadır. Bu görevli yöntemle geri bildirimde bulunabilir. Böylelikle görevli yöntemin öğrenme sürecinde aktif olarak rol almış olur. Önceki bölümde anlatıldığı gibi gece yangınlarının tespit edilmesi için oluşturulan yöntem üç alt-yordamdan oluşmaktadır. Her alt yordam kendi kararını sıfır ortalama değere sahip bir gerçel sayı olarak üretmektedir. Bu karar değeri son kararın verilmesi için doğrusal olarak birleştirilmektedir, her alt-yordama ait ağırlık değeri en-küçük-ortalama-kare (LMS) tabanlı bir yöntemle güncellenmektedir. Bu çalışmadaki diğer bir yenilik ise, alt-yordamların ikili değerler yerine kararlarını sıfır ortalama gerçel sayılar olarak üretmesidir. Pozitif (negatif) karar değerleri kameranın gördüğü alan içerisinde ateş varlığını (olmadığını) belirtir.

Bileşik yordamın M tane alt yordamdan oluştuğunu varsayalım: D_1, \dots, D_M . Yeni bir girdi x sisteme ulaştığında her alt-yordam sıfır ortalama bir karar değeri, $D_i(x)$, oluşturur. Girdi olarak resmin her pikseli belli bir bölümü ya da tamamı kullanılabilir. Bu uygulamada $M=3$ tane alt-yordam kullanılmaktadır. İlk iki alt-yordam için girdi olarak resmin pikselleri kullanılmakta diğerinde ise resmin belirli bölgeleri kullanılmaktadır.

$\mathbf{D}(x, n) = [D_1(x, n) \dots D_M(x, n)]^T$ in alt-yordamların güven değerlerini tutan vektör olduğunu ve $\mathbf{w}(n)=[w_1(n) \dots w_M(n)]^T$ nun ise şu anki ağırlık vektörü olduğunu varsayalım.

Bu durumda:

$$\hat{y}(x, n) = \mathbf{D}^T(x, n) \mathbf{w}(x, n) = \sum_i w_i(x, n) D_i(x, n) \quad (7)$$

güvenlik görevlisi tarafından belirlenen doğru sınıflandırma sonucu $y(x, n)$ 'in bir kestirimidir. Hata fonksiyonu $e(x, n)$ de $e(x, n) = y(x, n) - \hat{y}(x, n)$ olarak tanımlanır. Ağırlıklar ortalama-kare-hata(MSE) ifadesi en küçük yapılarak güncellenir:

$$\min_{w_i} E[(y(x, n) - \hat{y}(x, n))^2], \quad i = 1, \dots, M \quad (8)$$

burada E beklenti işlecini gösterir. Ağırlıklara göre türev aldığımızda:

$$\frac{\partial E}{\partial w_i} = -2E[(y(x, n) - \hat{y}(x, n))D_i(x, n)] = -2E[e(x, n)D_i(x, n)], \quad i = 1, \dots, M \quad (9)$$

ve sonucu sifıra eşitlediğimizde:

$$-2E[e(x, n)D_i(x, n)] = 0, \quad i = 1, \dots, M \quad (10)$$

M tane denklem elde ederiz. Bu denklem grubunun çözümü Wiener çözümü olarak adlandırılır[13]. Bu denklemin çözümü 9. denklemdaki çapraz ilintilerin hesaplanmasını gerektirir. 10. denklemdaki gradyan bir en dik iniş yordamında kullanılarak 8. denkleme döngülü bir çözüm elde etmek için aşağıdaki gibi kullanılabilir:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \lambda E[e(x, n)\mathbf{D}(x, n)] \quad (11)$$

burada λ adım boyudur. Çok bilinen LMS yordamında toplam ortalama $E[e(x, n)\mathbf{D}(x, n)]$ anlık değer olan $e(x, n)\mathbf{D}(x, n)$ kullanılarak ya da önceden işlenmiş pikseller kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\hat{e}(x, n)\hat{\mathbf{D}}(x, n) = \frac{1}{L} \sum_{x, n} e(x, n)\mathbf{D}(x, n) \quad (12)$$

burada L daha önce işlenen piksellerin sayısıdır. LMS yordamı 11. denklemin kendisinin kullanılamamasına rağmen anlık değerinin kullanılabilir olmasından yararlanarak denklemdaki beklentiye anlık değeri ile değiştirerek aşağıdaki formülü kullanır:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \lambda e(x, n)\mathbf{D}(x, n) \quad (13)$$

Yukarıdaki denklem hesaplanabilir bir güncelleme formülü oluşturur. Güvenlik görevlisi bir sonuca vardığında hata $e(x, n)$ hesaplanır ve ağırlıklar 13. denkleme göre güncellenir. Burada güvenlik görevlisi piksellere tek tek değer atamaz, çerçevede bir pencere seçer ve o bölgeyi 1 ya da -1 olarak işaretler.

LMS yordamının yakınsaklığı bir MSE yüzeyi taban alınarak incelenebilir:

$$E[e^2(x, n)] = P_y(x, n) - 2\mathbf{w}^T \mathbf{p} - \mathbf{w}^T \mathbf{R} \mathbf{w} \quad (14)$$

burada $P_y = E[y^2(x, n)]$, $\mathbf{p} = E[y(x, n)\mathbf{D}(x, n)]$, $\mathbf{R} = E[\mathbf{D}(x, n)\mathbf{D}^T(x, n)]$, ve $y(x, n)$ ile $\mathbf{D}(x, n)$ geniş anlamda durağan rastgele süreçler olarak varsayılmıştır. MSE yüzeyi ağırlık vektörü \mathbf{w} 'nin bir fonksiyonudur. $E[e^2(x, n)]$ \mathbf{w} 'nin karesel bir işlevi olduğu için sadece küresel bir minimumu vardır. Bu yüzden 11. ve 13. denklemlerde bulunan en dik iniş yordamı, adım boyu üzerinde aşağıdaki varsayım yapıldığında her zaman Wiener çözümüne yakınsar:

$$0 < \lambda < \frac{1}{\alpha_{\max}} \quad (15)$$

burada α_{\max} \mathbf{R} matrisinin en büyük özdeğeridir.

15. denklemden adım boyu λ , $\frac{\mu}{\|\mathbf{D}(x, n)\|^2}$ ile değiştirilebilir.

Bu durumda denklem aşağıdaki duruma gelir:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu \frac{e(x, n)}{\|\mathbf{D}(x, n)\|^2} \mathbf{D}(x, n) \quad (16)$$

burada μ güncelleme parametresi olarak kullanılır ve $0 < \mu < 2$ için LMS yordamı Wiener çözümüne yakınsar. Başlangıçta ağırlıklar $1/M$ olarak seçilebilir. Eğer $y(x, n)$ ve $D_i(x, n)$ geniş anlamda durağan rastgele süreçler ise uyarlamalı yöntem yakınsar[13].

LMS yordamının ağırlık güncelleme yöntemi kullanılarak karar fonksiyonunun nasıl elde edildiği Şekil-2'de sözde kod olarak verilmiştir.

```

LMS Yordamı sözde kodu
for i = 1 to M do
    w_i(0) = 1/M, Baslangic
end for
ŷ(x, n) = ∑_i w_i(n) D_i(x, n)
if ŷ(x, n) ≥ 0 then
    return 1
else
    return -1
end if
e(x, n) = y(x, n) - ŷ(x, n)
for i = 1 to M do
    w_i(n) ← w_i(n) + μ * (e(x, n) / ||D(x, n)||^2) * D_i(x, n)
end for

```

Şekil-2: LMS yordamı için sözde kod.

4. Deneysel Sonuçlar

Geliştirilen yöntem C++ programlama dilinde kodlanmış ve bu yazılım Antalya'da yer alan Orman Genel Müdürlüğü'ne (OGM) bağlı orman gözetleme kulelerindeki kameralar tarafından alınan kayıtlarla test edilmiştir.

Yöntemle, gece ortaya çıkan ateş 2 - 20 saniye içinde tespit edilebilmektedir. Tablo-1'de, geliştirilen yöntemin sadece duran nesne ya da sadece parlaklık kullanan yöntemlerle karşılaştırılması gösterilmektedir. Ateşin ilk belirdiği resim çerçevesi ilk çerçeve olarak alınmaktadır ve Tablo-1 deki çerçeve numaraları buna göre verilmektedir.

Şekil-3 de, Tablo-1 de VI olarak gösterilen videoda bulunan ateş kare olarak işaretlenmiştir. Resimdeki ateş bölgesi diğer parlak bölge olan itfaiye farlarından ayırt edilebilmiştir. Bu videodaki itfaiye aracının dönen lambaları periyodik özellik gösterdiği için ateşten ayrılmıştır. Şekil-4 ve 5'te gerçek yangın kayıtları üzerindeki sonuçlar gösterilmiştir.

Sadece parlaklık kullanan yöntem diğer geliştirilen yöntemlerden çok daha hızlı alarm verebilmesine karşın yanlış alarm oranı da çok yüksektir. Tablo-2'de, geliştirilen yöntemin ateş bulunmayan videolarda yanlış alarm açısından diğer yöntemlerle karşılaştırılması gösterilmiştir. Yanlış alarmlar her 3 saniyede bir sayılmıştır. Önerilen yöntem ile araba farları

veya şehir ışıkları yüzünden oluşan yanlış alarmlar büyük ölçüde azaltılmıştır.

5. Sonuçlar

Bu bildiride, karanlık yerlerde ve gece çıkan yangınların video tabanlı tespit edilmesine yönelik özgün bir yöntem sunulmuştur. Yöntem, gece yangınlarının çeşitli özelliklerini betimleyen üç farklı alt-yordamdan oluşmaktadır. Alt-yordamların kararları ağırlıklandırılmış doğrusal toplamları alınarak birleştirilmekte, her alt-yordama ait ağırlık değerleri en-küçük-ortalama-kare tabanlı bir karar birleştirme yöntemiyle güncellenmektedir. Deneysel sonuçlar, yöntemin gece yangınlarını, yanlış alarm oranını düşük tutarak, başarıyla tespit edebildiğini göstermektedir.

6. Kaynakça

- [1] W. Phillips, M. Shah, and N. Lobo, "Flame recognition in video". *Pattern Recognition Letters*, 23:319-327, 2002.
- [2] T. Chen, P. Wu, and Y. Chiou, "An early fire detection method based on image processing," *In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pages 1707-1710, 2004.
- [3] W. Straumann, D. Rizzotti, and N. Schibli, "Method and Device for Detecting Fires Based on Image Analysis", *European Patent EP 1,364,351*, 2002.
- [4] B. Uğur Töreyn, Yiğithan Dedeoğlu, A. Enis Çetin, "Videoda gerçek zamanda duman ve alev tespiti", *IEEE 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uyg. Kur., SIU-2005*, 2005.
- [5] B.U. Toreyin, *Fire Detection Algorithms Using Multimodal Signal and Image Processing*. Doktora Tezi Bilkent Üniv., EE Müh. Böl., Ankara, 2009.
- [6] F. Heijden, *Image Based Measurement Systems: Object Recognition and Parameter Estimation*, Wiley, 1996
- [7] J. Smith, C.-Y. Lin, and M. Naphade, "Video texture indexing using spatiotemporal wavelets," *In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, volume 2, pages 437-440, 2002.
- [8] L. St-Laurent, D. Prvost, and X. Maldague, "Thermal imaging for enhanced foreground-background segmentation," *In Proceedings of the 8-th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography*, 2006.
- [9] R. Collins, A. Lipton, and T. Kanade, "A system for video surveillance and monitoring," *In Proceedings of the 8-th International Topical Meeting on Robotics and Remote Systems. American Nuclear Society*, April 1999.
- [10] A. Singer and M. Feder, "Universal linear prediction by model order weighting," *IEEE Transactions on Signal Processing*, 47-10: 2685-2699, 1999.
- [11] B.U. Toreyin, *Moving object detection and tracking in wavelet compressed video*, Y.Lisans Tezi, Bilkent Üniv., EE Müh. Böl., Ankara, 2003.
- [12] Cutler, R. and Davis, L., "Robust Real-Time Periodic Motion Detection, Analysis, and Applications," *IEEE Trans. Pattern An. and Machine Intelligence*, 22(8): 781-796, 2000.
- [13] B. Widrow, J. McCool, M. Larimore, and C. Johnson, "Stationary and non-stationary learning characteristics of the LMS adaptive filter," *Proceedings of the IEEE*, 64(8):1151-1162, 1976.

Video	Mesafe (km)	Çerçeve Hızı (fps)	İlk kez alarm verilen çerçeve numarası		
			EKOK Yöntemi	Sadece Duran Nesne	Sadece Parlaklık
V 1	5	25	221	276	64
V2	6	25	100	120	10
V3	6	25	216	726	8
V4	7	25	151	751	15

Tablo-1: Geliştirilen yöntemin, ateş bulunan videolarda, sadece duran nesne ya da sadece parlaklık kullanan yöntemlerle karşılaştırılması.

Video	Çerçeve Hızı (fps)	Süre (çerçeve sayısı)	Yanlış Alarm Sayısı		
			EKOK Yöntemi	Sadece Duran Nesne	Sadece Parlaklık
V5	15	3000	1	11	24
V6	15	1000	0	8	17
V7	15	2000	0	12	16

Tablo-2: Geliştirilen yöntemin, ateş bulunmayan videolarda, sadece duran nesne ya da sadece parlaklık kullanan yöntemlerle karşılaştırılması.



Şekil-3: Tespit edilen gece ateşi ve itfaiye aracına ait dönen tepe lambaları.



Şekil-4: Tespit edilen gece yangını.



Şekil-5: Tespit edilen gece yangını.